



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

생활과학석사학위논문

흑토란의 식품재료화를 위한
숙성 조건에 따른 토란의 특성 및
관능 최적화

Characteristics and Sensory Optimization of
Taro(*Colocasia esculenta*) under Different
Aging Conditions for Food Application of
Black Taro

2016년 2월

서울대학교 대학원

식품영양학과

전 유 호

국문초록

토란은 풍부한 영양 성분과 다양한 효능을 가지고 있으나 활용도가 높지 않고, 옥살산 등의 영양 저해 성분과 높은 수분 함량을 가지며 갈변 현상이 쉽게 일어나기 때문에 상품화를 위해서는 새로운 가공 방법에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 토란을 증자, 숙성, 건조하는 과정을 통해 차로 음용할 뿐만 아니라 다양한 식품 재료로 활용할 수 있는 새로운 가공 방법을 개발하고자 하였으며, 이를 흑토란이라 명명하였다. 흑토란을 제조하기 위하여 증자($95\pm 3^{\circ}\text{C}$ -1h) 후 다양한 조건($85, 90, 95^{\circ}\text{C}$ -20, 40, 60h)에서 숙성시키고 이를 건조(60°C -24h)하여 분말화하였다. 그 후, 이화학적 특성, 항산화 활성을 분석하고 흑토란차 제조를 위해 반응표면 분석을 이용하여 관능적 최적점을 탐색하였다. 일반성분 분석 결과, 토란을 가공함에 따라 수분 함량이 87.69%에서 최대 4.87%까지 감소하였으며, 탄수화물, 조섬유, 조단백, 조지방, 조회분은 생토란에 비해 흑토란에서 모두 증가하였다. 무기질 성분은 칼륨이 모든 시료에서 가장 많은 양을 차지하였다. 또한, Calcium oxalate 함량은 생토란에서 59.07 mg/100g였지만, 증자와 숙성 과정 등 열처리 시간이 증가함에 따라 11.46 mg/100g까지 감소하였다. 총 당 함량과 환원당 함량 모두 증자와 초반의 숙성 과정 동안 감소하였으나, 총 당 함량은 숙성 시간이 증가함에 따라 다시 증가하였다. 흑토란 메탄올 추출물의 폴리페놀 함량은 20.61-28.30 mg GAE/g로 숙성 온도에 따라 유의적으로 증가하였으며, 이와 유사하게 DPPH, ABTS 자유라디칼 소거능과 FRAP 활성 또한 숙성 온도가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 흑토란차의 관능적 최적점을 알아보기 위하여 관능 평가를 실시한 결과, 색, 맛, 전반적인 기호도 항목에 대하여 유의한 반응표면을 이끌어낼 수 있었다. 이 때 맛과 전반적인 기호도에서 실험 범위 안의 최적점이 도출되었다(맛: 88.73°C , 39.50시간, 전반적인 기호도: 88.82°C , 42.60시간). 관능 특성간의 상관 분석 결과, 전반적인 기호도에는 색, 맛, 향 모두 영향을 미치는 것으

로 나타났으며, 맛($r=0.885$)의 영향이 가장 큰 것을 확인하였다. 실험 결과를 종합해 보았을 때, 생토란에 비해 흑토란에서 섬유소 함량의 증가, Calcium oxalate의 유의적인 감소, 그리고 갈변 반응으로 인한 생리활성 성분의 증가 효과를 기대할 수 있었다. 항산화 효과를 높이기 위해서는 높은 온도에서 오랜 시간 숙성이 필요하며, 88.73-88.82℃의 온도에서 39.50-42.60 시간 동안 숙성시킬 경우 관능적으로 우수한 흑토란을 생산할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구는 토란의 이용성을 증진시키며 흑토란 분말의 다양한 식품 재료로서의 활용 가능성을 탐색하기 위한 기초 자료가 될 것으로 기대된다.

주요어 : 토란, 흑토란, 숙성, 이화학적 특성, 항산화 활성, 관능 최적화
학 번 : 2014-20355

목 차

국문초록	i
목 차	iii
표 목차	vi
그림 목차	vii
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 실험 재료 및 전처리	3
1.1. 실험재료	3
1.2. 흑토란 가공 조건	3
2. 실험 방법	4
2.1. 이화학적 특성 분석	4
2.1.1. 일반성분 분석	4
2.1.1.1. 수분 정량	4
2.1.1.2. 조단백 정량	5
2.1.1.3. 조지방 정량	6
2.1.1.4. 조회분 정량	6
2.1.1.5. 탄수화물 정량	7
2.1.1.6. 조섬유 정량	7
2.1.2. 무기질 성분 분석	8
2.1.3. 분말색도	8
2.1.4. 갈색도	8
2.1.5. Calcium oxalate 함량	9
2.1.6. 총 당 함량	10

2.1.7. 환원당 함량	10
2.2. 메탄올 추출물의 생리활성성분 및 항산화 활성 측정	11
2.2.1. 80% 메탄올 추출 및 수율	11
2.2.2. 총 폴리페놀 함량	11
2.2.3. DPPH 자유 라디칼 소거 활성능	12
2.2.4. ABTS 자유 라디칼 소거 활성능	12
2.2.5. FRAP 활성 측정	13
2.3. 통계 처리	13
2.4. 흑토란차의 관능 조건 최적화	14
2.4.1. 실험 계획	14
2.4.2. 관능적 특성 평가	15
2.4.3. 통계 처리	15

Ⅲ. 실험결과 및 고찰	16
1. 이화학적 특성	16
1.1. 일반성분	16
1.2. 무기질 성분	18
1.3. 분말색도	20
1.4. 갈색도	22
1.5. Calcium oxalate 함량	24
1.6. 총 당 함량	27
1.7. 환원당 함량	29
2. 메탄올 추출물의 생리활성성분 및 항산화 활성	31
2.1. 80% 메탄올 추출 및 수율	31
2.2. 총 폴리페놀 함량	33
2.3. DPPH, ABTS 자유 라디칼 소거 활성능	35
2.4. FRAP 활성	37
3. 반응표면분석에 의한 흑토란차의 관능 최적화	39
3.1. 색 (Color)	41
3.2. 맛 (Taste)	43
3.3. 향 (Aroma)	45
3.4. 전반적인 기호도 (Overall acceptance)	46
3.5. 관능적 특성간의 상관관계	48
Ⅳ. 요약 및 결론	51
참고문헌	54
Abstract	60

표 목 차

Table 1. Experimental combinations for black taro used for response surface methodology	14
Table 2. The proximate compositions of taro under different thermal processing	17
Table 3. Mineral compositions of taro under different thermal processing	19
Table 4. Hunter's color values of taro under different thermal processing	21
Table 5. Vitamin C equivalent capacities and EC ₅₀ values of black taro under different thermal processing	36
Table 6. Experimental data of sensory evaluation for sensory optimization of black taro	40
Table 7. Pearson correlation coefficients between sensory characteristics of black taro	49
Table 8. The equations, optimum conditions, and predicted values of sensory evaluation of black taro	50

그림 목차

Fig. 1. Browning index of taro under different thermal processing ...	23
Fig. 2. Calcium oxalate contents of taro under different thermal processing	26
Fig. 3. Total sugar contents of taro under different thermal processing	28
Fig. 4. Reducing sugar contents of taro under different thermal processing	30
Fig. 5. Yields of 80% MeOH extraction of taro under different thermal processing	32
Fig. 6. Total polyphenol contents of black taro under different thermal processing	34
Fig. 7. FRAP activities of black taro under different thermal processing	38
Fig. 8. Response surface plot and contour plot showing the effects of aging temperature(°C) and time(h) on color acceptance of black taro	42
Fig. 9. Response surface plot and contour plot showing the effects of aging temperature(°C) and time(h) on taste acceptance of black taro	44
Fig. 10. Response surface plot and contour plot showing the effects of aging temperature(°C) and time(h) on overall acceptance of black taro	47

I. 서론

토란(*Colocasia esculenta*)은 토지, 토련, 우자 등으로도 불리는 천남성과의 다년생 초본으로 Araceae과에 속하며 전 세계적으로 100여 속, 1500여 품종이 분포하고 있다(Kim CJ와 Kim EK 1998, Jeong SW와 Jeong JW 2002). 열대와 온대 지방에서 재배되고 지대가 습한 곳에서 잘 자라며, 특히 태평양 연안 지역과 아프리카에서는 매우 유용한 식용 작물로 여겨지고 있다. 태평양의 섬에서는 곱거나 삶아 먹거나 발효시켜 포이(Poi)의 형태로 섭취하기도 한다(Allen ON와 Allen EK 1933).

토란은 관절염의 치료요법으로 사용되어 왔으며, 장과 위를 보하며 골중의 숙혈을 없애는 효능이 있다고 알려져 있다(Kim CJ와 Kim EK 1998). 또한 식이섬유가 풍부하여 변비를 예방해 주는 완화효과가 있으며, 양질의 단백질과 비타민 C, 리보플라빈, 나이아신, 그리고 필수아미노산을 풍부하게 함유하고 있다(Kim EK 등 1995, Onayemi O와 Nwigwe NC 1987). 토란에 존재하는 페놀 화합물, 카로티노이드, 비타민 C, 그리고 멜라토닌은 높은 항산화 활성을 갖는 것으로 알려져 있다(Nguimbou RM 등 2013).

풍부한 영양 물질의 존재에도 불구하고 생토란에는 옥살산염 등의 영양저해 성분이 함유되어 있으며, 이는 독성을 유발하며 칼슘 흡수를 방해하고 신장 결석의 원인이 될 수 있다고 알려져 있다(Emmanuel-Ikpeme CA 등 2007). 특히 Calcium oxalate의 침상 결정 구조는 피부에 침투하여 아린 맛을 나타낼 뿐만 아니라 입술이나 목 등을 붓게 할 수 있어 제거한 후 섭취하여야 한다(Bradbury JH와 Nixon RW 1998). 옥살산 중 수용성 옥살산은 끓이거나 삶기 등 조리수를 이용한 조리 과정을 통해 감소될 수 있다고 보고되어 있으므로(Noonan SC 1999), 토란을 섭취하기 전에 이를 감소시키기 위한 조리 과정이 필요하다.

또한 토란은 높은 수분 함량과 갈변 현상 등으로 인해 품질이 쉽게 저

하되며, 상품화를 위해서는 건조와 분말화 등을 거쳐야 한다(Moon JH 등 2011). 따라서 영양 저해 성분 함량을 감소시키고 품질을 유지하기 위한 가공 방법에 대한 연구가 필요한 실정이다.

흑마늘과 흑삼은 고온 숙성과 증숙 등의 과정을 통해 제조하며, 열처리를 거치면서 기존의 마늘과 수삼에 들어 있던 생리활성 성분은 유지되고, 갈변 물질 등의 유용 물질이 새롭게 생성되어 기능성이 높아진다(Shin JH 등 2008, Kim HJ 등 2011). 또한 이러한 가공 과정은 관능적인 특성을 변화시켜 섭취를 용이하게 하며, 마늘 숙성 시 효소 활성 저하로 매운 맛 성분인 allicin이 감소하고, 우영은 증숙함에 따라 일정 횟수까지 단맛이 증가하고 쓴맛이 감소한다고 보고된 바 있다(Jang EK 등 2008, Lee GY 등 2015). 최근 다양한 뿌리 식물에 이러한 가공 방법이 적용되어 흑마와 흑생강 등의 제조 공정에 관한 연구가 이루어졌으나(Kim SH 2014, Ban YJ 등 2010), 토란을 이용한 연구는 선행되지 않은 것으로 확인되었다.

토란에 대한 기존의 연구는 주로 분말의 전분 특성에 관한 것이 대부분이며(Kim CJ와 Kim EK 1998, Moon JH 등 2010), 토란의 가공 조건을 달리하여 변화하는 성분을 분석하거나 관능적 특성을 알아본 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내산 토란을 증자, 숙성, 및 건조시키는 과정을 통해 흑토란을 개발하고, 숙성 조건에 따른 토란의 이화학적 특성을 비교 분석하며, 흑토란의 식품 재료화 가능성 탐색의 일환으로 반응표면분석법을 이용한 흑토란차의 관능적 최적 숙성 조건을 알아내고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 전처리

1.1. 실험재료

전라남도 곡성에서 2014년 9월에 수확하여 진공 포장한 깐 토란을 구입하여 시료로 사용하였다.

1.2. 흑토란 가공 조건

흑토란 제조를 위한 토란의 가공은 다음과 같은 순서로 진행하였다. 먼저, 깐 토란을 수세하여 지름 1-2cm, 두께 1cm 정도의 크기로 세절하였다. 이를 찹통(Kitchen Art, Korea)에서 1시간 증자한 후, 내열성 밀폐 용기에 넣어(21261, Daiso, Korea) 각각 85, 90, 95℃의 항온 수조(BS-21, Jeiotech, Korea)에서 20, 40, 60시간 동안 숙성시켰다. 이 때, 50 mL의 물을 넣은 용기를 함께 넣어 일정한 수분 활성도를 유지하였다. 숙성이 완료된 토란은 열풍건조기(LD-918BH, L' equip, Korea)를 이용하여 60℃에서 24시간 건조하였다. 분쇄기(HR-2860, Philips, Korea)를 이용하여 500 μm 이하로 분쇄한 시료를 동결 건조 후 -80℃에 보관하며 실험에 사용하였다.

2. 실험 방법

2.1. 이화학적 특성 분석

2.1.1. 일반성분 분석

2.1.1.1. 수분 정량

수분 함량은 105℃ 상압가열건조법(AOAC, 1990)을 사용하여 구하였다. 생토란, 증자 토란 및 흑토란 1 g을 항량된 칭량 접시에 넣은 후 105℃ dry oven(Daihan Scientific, Korea)에 넣어 건조시켰다. 이를 일정 시간 방냉 후 무게를 측정하는 과정을 반복하여 항량이 되면 아래의 식을 이용하여 수분을 정량하였다.

$$\text{수분 (\%)} = (W_1 - W_2) / (W_1 - W_0) \times 100$$

W_0 : 칭량접시의 무게 (g)

W_1 : 시료와 칭량접시의 무게 (g)

W_2 : 건조 후 시료와 칭량접시의 무게 (g)

2.1.1.2. 조단백 정량

조단백 함량은 micro-Kjeldahl 질소정량법(AOAC, 1990)을 이용하여 측정하였다. 먼저 분해 과정을 위해 토란 시료 1 g을 Kjeldahl 플라스크에 넣은 다음, 분해 촉매제(Kjeltabs Se, FOSS, Korea) 2개와 진한 황산 12 mL을 가하여 혼합하고 420℃로 설정된 분해 장치(Tecator Digester, FOSS, Korea)에서 2시간 동안 반응시켰다. 분해가 완료되면 30분간 냉각하여 Auto Kjeldahl System(Kjeltec 1026, Foss, Korea)에서 증류 및 중화한 후 0.1 N HCl 표준용액으로 적정하였다. 같은 방법으로 시료를 제외한 공시험을 병행하였으며 아래와 같은 식으로 조단백질 함량을 구하였다.

$$\text{조단백 (\%)} = (A - B) \times M \times 14.01 \times F \times 100 / S$$

A: 시료의 0.1N HCl 표준용액의 적정소비량 (mL)

B: Blank test의 0.1N HCl 표준용액의 적정소비량 (mL)

M: HCl의 몰농도

14.01 : 질소의 원자량

S: 시료의 채취량 (mg)

2.1.1.3. 조지방 정량

조지방 함량은 Soxhlet's 추출법(AOAC, 1990)을 사용하여 측정하였다. 생토란, 증자 토란 및 흑토란 4 g을 원통여지에 넣은 후 항량이 된 수기에 petroleum ether를 140mL 넣고 냉각관, 추출관, 수기를 연결하여 heating block에서 60-70℃ 정도로 12시간동안 가온하였다. 추출이 끝나면 수기만 분리하여 105℃에서 건조, 방냉, 그리고 칭량 과정을 반복하여 항량하였다. 그 후 아래와 같은 식으로 조지방 함량을 구하였다.

$$\text{조지방 (\%)} = (W_1 - W_0) / S \times 100$$

W₁: 지방 추출 후 건조한 수기의 중량 (g)

W₀: 수기의 중량 (g)

S: 시료 채취량 (g)

2.1.1.4. 조회분 정량

조회분 함량은 550℃ 직접회화법(AOAC, 1990)을 이용하여 측정하였다. 항량된 도가니에 생토란 및 흑토란 1 g을 넣고 550℃ 회화로에서 24시간 동안 회화하였다. 회화 후 방냉, 칭량하여 항량이 될 때까지 반복한 후 아래와 같은 식으로 조회분 함량을 구하였다.

$$\text{조회분 (\%)} = (W_2 - W_0) / (W_1 - W_0) \times 100$$

W₀: 항량된 도가니의 중량 (g)

W₁: 회화 전의 도가니와 시료의 중량 (g)

W₂: 회화 후의 도가니와 재의 중량 (g)

2.1.1.5. 탄수화물 정량

아래 식과 같이 전체 100%에서 수분, 조지방, 조단백, 조회분의 함량(%)을 빼서 탄수화물 함량(%)을 구하였다.

$$\text{탄수화물 (\%)} = 100\% - (\text{수분} + \text{조지방} + \text{조단백} + \text{조회분})\%$$

2.1.1.6. 조섬유 정량

조섬유 함량은 Henneberg-Stohmann 개량법을 이용하여 측정하였다. 토란 시료 2 g을 필터 백에 넣고 밀봉하여 ethyl ether로 지방을 추출 후 제거하고 조섬유 추출기(Ankom2000, USA)에 장치하여 조섬유를 추출하였다. 0.255 N H₂SO₄ 용액으로 40분간 산분해 한 후, 시약을 제거하고 뜨거운 증류수로 세척하였다. 0.13 N NaOH 용액으로 위 과정을 반복한 뒤 꺼내어 acetone으로 세척한 다음 실온 건조시킨 후에 102±2℃의 dry oven에서 24시간 건조하였다. 항량된 도가니에 시료를 넣어 회화시키고 무게를 재어 아래와 같은 식으로 조섬유 함량을 계산하였다.

$$\text{조섬유 (\%)} = \{W_3 - (W_1 \times C_1)\} / W_2 \times 100$$

W₁: filter bag의 중량 (g)

W₂: 시료 중량 (g)

W₃: 유기 물질 중량(백과 섬유 연소 시 무게 손실)

C₁: 빈 bag/오리지널 빈 bag 연소 시 가동 평균 중량

2.1.2. 무기질 성분 분석

생토란 및 흑토란의 무기질 성분은 유도결합플라즈마 원자방출분광기(ICP-AES, Optima 4300DV, Perkin-Elmer, USA)를 사용하여 분석하였다. 시료 0.5 g에 60% HNO₃ 용액을 혼합하여 150±10℃의 hot plate(PC-420, Corning, USA)에서 투명해질 때까지 가열 분해하였다. 냉각한 용액을 여과지(Whatman No.1)로 여과 후 100 mL로 정용하여 무기질 분석 시료로 사용하였으며, 분석 조건은 다음과 같았다(Gas RF power: Ar gas 1.30W, Nebulizer gas flow rate: 0.45 L/min, Plasma: 15 L/min, Auxially gas flow rate: 0.2 L/min, Injection volume: 1.5 mL/min).

2.1.3. 분말색도

동결 건조하여 분말화 시킨 토란 시료 3 g을 취해 petri dish(Ø3.5 cm)에 채워 색도 측정용 시료로 사용하였다. 색차계(CM-5, Minolta, Japan)를 이용하여 Hunter's color value의 *L*(lightness), *a*(redness), *b*(yellowness) 값으로 나타내었으며, 5회 반복 측정하였다.

2.1.4. 갈색도

생토란, 증자 토란 및 흑토란 0.5 g을 10 mL의 증류수를 이용하여 상온에서 1시간 동안 추출한 것을 시료로 사용하였으며, 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys, Korea)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2.1.5. Calcium oxalate 함량

Calcium oxalate 함량은 Ukpabi UJ와 Ejidoh JI(1989)의 방법을 변형하여 측정하였다. 동결 건조한 토란 시료 2 g을 190 mL의 증류수와 10 mL의 6 M HCl에 희석하였으며, 100℃에서 1시간 동안 가열 후 냉각하고 250 mL로 채워서 여과하였다. 125 mL의 여과액에 methyl red 50 µL를 넣고 용액이 핑크색에서 연한 노란색이 될 때까지 NH₄OH 용액을 가하였다. 이를 90℃로 가열하고 10 mL의 5% CaCl₂ 용액을 잘 저으면서 가한 후 5℃에서 12시간 냉각하였다. 원심분리기(Combi-514R, Hanil Science Industrial, Korea)를 이용하여 1,350 xg에서 5분간 원심분리 후 상층액을 버리고 침전물을 10 mL의 20% H₂SO₄ 용액에 녹였으며, 이를 50 mL로 정용 후, 이 중 10 mL를 끓기 직전까지 가열하여 식히고 0.05 M KMnO₄ 용액으로 연한 핑크색이 30초간 지속될 때까지 적정하였다. 아래 식을 이용하여 Oxalate 함량을 구하였다.

$$\text{Oxalate 함량 (mg/100g)} = \frac{T \times (Vme) (DF) \times 10^5}{(ME) \times S}$$

T: KMnO₄ 적정량 (mL)

Vme: Volume mass equivalent

DF: 희석 배수

ME: Molar equivalent of KMnO₄ in oxalate (5)

S: 시료의 채취량 (g)

2.1.6. 총 당 함량

총 당 함량은 phenol-sulfuric acid 방법(Dubios M 등 1956)을 이용하여 측정하였다. 동결 건조한 토란 분말을 회석하여 사용하였으며, 표준물질은 glucose(Sigma Chemical Co. USA)를 사용하였다. 시료 용액 1 mL에 95% 황산(Sigma Chemical Co. USA) 5 mL와 5%(v/v) phenol(Sigma Chemical Co. USA)용액 1 mL를 가하여 충분히 발열시켰으며, 상온에서 30분 동안 반응시킨 후 470 nm에서 흡광도를 측정하여 (Optizen 2120 UV, Mecasys, Korea) 총 당 함량을 구하였다.

2.1.7. 환원당 함량

환원당은 Dinitrosalicylic acid(DNS)에 의한 비색법(Miller GL 1959)을 일부 변형한 방법으로 측정하였다. 동결 건조한 토란 분말을 회석한 시료용액 1 mL에 DNS reagent 1 mL를 혼합한 것을 90℃에서 15분 동안 반응시켰다. 10분 동안 실온에 방냉한 후 570 nm에서 흡광도를 측정하였으며(Optizen 2120 UV, Mecasys, Korea), glucose(Sigma Chemical Co. USA)를 표준물질로 사용하여 정량하였다.

2.2. 메탄올 추출물의 생리활성성분 및 항산화 활성 측정

2.2.1. 80% 메탄올 추출 및 수율

동결 건조한 토란 분말 5 g에 50 mL의 80% 메탄올을 넣어 3시간 동안 상온에서 180 rpm으로 교반(SI600R, Lab Companion, Korea)하며 추출하였다. 추출액은 여과지(Whatman, No.1)로 거른 후에 남은 잔사를 동일한 방법으로 반복 추출하였으며, 추출물을 회전 진공농축기(Rotavapor, Buchi, Germany)로 감압 농축하였다. 이를 동결 건조한 후 무게를 측정하여 수율을 구하였으며, 증류수에 일정한 농도로 녹여 -80℃에 보관하며 생리활성성분 및 항산화 활성 측정에 이용하였다.

2.2.2. 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu reagent 방법(Singleton VL 등 1965)을 일부 변형하여 구하였다. 흑토란의 메탄올 추출물을 5 mg/mL 농도로 녹인 시료 60 μ L에 증류수 300 μ L를 넣고 충분히 교반한 후, Folin-Ciocalteu phenol reagent(Sigma Chemical Co. USA) 900 μ L를 넣어 반응시켰다. 그 후, 포화 Na_2CO_3 900 μ L를 넣고 교반하여 암실에 2시간 동안 방치하였다. Gallic acid(Sigma Chemical Co. USA)를 표준물질로 사용하였으며, 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys, Korea)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2.2.3. DPPH 자유 라디칼 소거 활성능

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 자유기 소거 활성은 Brand-Williams W 등(1995)의 방법에 따라 측정하였다. 1-10 mg/mL로 희석한 흑토란의 메탄올 추출물 200 μ L에 0.2 mM DPPH 용액 800 μ L를 가하여 상온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Optizen 2120 UV, Mecasys, Korea). 양성 대조군으로 ascorbic acid(Sigma Chemical Co. USA)를 사용하여 표준 검량 곡선을 작성하였으며, Vitmanin C equivalent antioxidant capacity(mg VCEAC/g)로 환산하여 나타내었다.

2.2.4. ABTS 자유 라디칼 소거 활성능

ABTS(2,2'-Azino-bis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid)diammonium salt) 자유기 소거 활성은 Kim DO 등(2002)의 방법을 참고하여 측정하였다. 1 mM AAPH와 2.5 mM ABTS(Sigma Chemical Co. USA)를 PBS(100 mM potassium phosphate buffer, pH 7.4)에 1:1로 섞어 70°C의 항온수조에 1시간 동안 반응시켜 ABTS 용액을 만들었다. ABTS 용액 1470 μ L와 흑토란의 메탄올 추출물을 1-10 mg/mL로 녹인 시료 30 μ L를 섞어 10분간 반응시켰으며, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다(Optizen 2120 UV, Mecasys, Korea). 양성 대조군으로 ascorbic acid(Sigma Chemical Co. USA)를 사용하여 표준 검량 곡선을 작성하였으며, Vitmanin C equivalent antioxidant capacity(mg VCEAC/g)로 환산하여 나타내었다.

2.2.5. FRAP 활성 측정

FRAP(ferric ion reducing antioxidant power) 활성은 Benzie IFF 등 (1996)의 방법을 참고하여 측정하였다. 300 mM acetate buffer(pH 3.6), 40 mM HCl에 용해시킨 10 mM TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-triazine) 용액, 그리고 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 용액을 10:1:1 비율로 혼합하여 37°C에서 가온한 것을 FRAP 용액으로 사용하였다. 토란 메탄올 추출물을 10 mg/mL 농도로 희석한 시료용액 200 μL 와 FRAP 용액 1500 μL 을 섞어 실온에서 30분 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다(Optizen 2120 UV, Mecasys, Korea). Ascorbic acid(Sigma Chemical Co. USA)을 표준물질로 사용하여 FRAP 활성을 Vitamin C equivalent antioxidant capacity(mg VCEAC/g)로 환산하여 나타내었다.

2.3. 통계 처리

본 연구의 모든 이화학적 실험은 3회 이상 반복 실시하였으며, SPSS Statistics(Ver. 21.0) 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 나타내었다. 숙성 조건에 따른 실험 항목의 차이를 검정하기 위해 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였으며, Duncan's multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 동일 집단군을 구분하였다.

2.4. 흑토란차의 관능 조건 최적화

2.4.1. 실험 계획

흑토란차 제조를 위한 관능 최적화를 위해 반응표면분석(Response surface methodology: RSM)을 사용하였다. 2개의 인자로 이루어진 중심 합성계획(central composite design)을 이용하여 실험을 계획하였으며, 이 때 독립변수는 숙성 온도(X_1)와 숙성 시간(X_2)으로 하였고 최적화하려는 종속변수는 맛, 색, 향, 전체적인 기호도로 하였다.

예비실험을 통하여 각 요인의 최소 및 최대 범위를 설정하였으며, 숙성 온도는 82.9–97.1℃, 숙성 시간은 6.7–63.3 h로 결정하여 $-α$, -1 , 0 , 1 , $α$ 의 5단계로 부호화하였다(Table 1).

Table 1. Experimental combinations for black taro used for response surface methodology

Standard order	Temperature (X_1 , °C)	Time (X_2 , h)
1	-1 (85)	-1 (20)
2	1 (95)	-1 (20)
3	-1 (85)	1 (60)
4	1 (95)	1 (60)
5	$-α$ (82.9)	0 (40)
6	$α$ (97.1)	0 (40)
7	0 (90)	$-α$ (11.7)
8	0 (90)	$α$ (68.3)
9	0 (90)	0 (40)
10	0 (90)	0 (40)
11	0 (90)	0 (40)
12	0 (90)	0 (40)

2.4.2. 관능적 특성 평가

관능적 특성을 알아보기 위해 서울대학교 구성원 중 시료에 알레르기 및 거부감이 없는 비숙련 패널 50명을 선정하여 실험의 목적과 검사 방법 등을 설명한 뒤 실험에 응하도록 하였다. 시료는 흑토란 분말 100 g에 끓인 정수 물 2 L을 가하여 5분간 추출한 후, 여과지(Whatman No.1)로 여과하여 상온의 온도로 제공되었으며, 10가지 시료의 맛, 색, 향, 전반적인 기호도를 7점 척도로(지극히 싫다=1, 싫다=2, 약간 싫다=3, 보통이다=4, 약간 좋다=5, 좋다=6, 지극히 좋다=7) 평가하도록 하였다. 전 시료가 다음 시료에 영향을 주지 않도록 각 시료 검사 후에 물로 입을 충분히 헹군 후 일정 시간 이후에 평가하도록 하였다. 본 연구는 서울대학교 생명윤리심의위원회(SNUIRB)에서 2015년 8월 6일에 면제 승인 후 수행되었다(면제 번호: SNUIRB No. E1507/002-004).

2.4.3. 통계 처리

흑토란의 관능검사 결과에 대한 통계 분석은 SAS package(Statistical Analysis Program, version 9.3)를 이용하였다. 숙성 온도와 숙성 시간을 독립변수로 하고 종속변수와의 관계를 2차 다항 회귀식으로 구하였다. 반응표면 상태의 3차원 그래프와 등고선도는 SciDAVis software v0.2.4(open source software)를 이용하여 나타내었다. 또한 각 관능 평가 항목별 상관관계를 나타내기 위하여 SPSS Statistics(Ver. 21.0)을 이용하여 상관분석을 실시하였다.

Ⅲ. 실험결과 및 고찰

1. 이화학적 특성

1.1. 일반성분

생토란과 증자 토란, 그리고 흑토란의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 수분 함량의 경우 생토란이 87.69%, 증자 토란이 90.70%를 나타내었으며, 흑토란은 4.87-8.56%의 비교적 낮은 수분 함량을 보였다. 이는 증자 기간 동안 조리수로 인한 수분 증가와, 숙성 공정 및 건조 공정 동안의 수분 증발에 의한 것으로 사료된다. 특히 같은 온도의 숙성 조건에서 숙성 시간이 증가함에 따라 수분 함량이 낮아짐을 확인하였으며, 숙성 과정 동안 수분이 증발되었음을 알 수 있다. 인삼과 우영을 증숙 및 건조 후 수분 함량을 비교 분석한 결과에서도 가공 횟수가 증가함에 따라 수분함량이 줄어든 것으로 나타나 본 연구와 유사한 경향을 보였다(Hong HD 등 2007, Lee GY 등 2015).

흑토란은 생토란과 증자 토란에 비해 탄수화물, 조섬유, 조단백, 조지방, 조회분 함량이 모두 증가하였으며, 이는 숙성 및 건조 과정 중 수분의 증발로 인한 다른 성분의 함량비 증가에 기인한 것으로 생각된다. 흑토란은 70.66-76.25%의 탄수화물 함량, 10.79-14.74%의 조단백 함량, 0.26-0.50%의 조지방 함량, 그리고 6.07-8.16%의 조회분 함량을 함유하고 있는 것으로 나타났으며, 숙성 시간과 온도에 따른 경향은 크게 나타나지 않았다. 생토란의 조섬유 함량은 0.4%로 탄수화물 전체 중량 중 5.06%를 차지하였으나, 증자 및 숙성 과정 중 모두 증가하였다. 특히, 90℃에서 40시간 숙성한 흑토란의 경우 가장 높은 7.86%의 함량, 즉 전체 탄수화물 중 11.12%에 해당하는 조섬유 함량을 보였다.

Table 2. The proximate compositions of taro under different thermal processing

	(unit: %, wet basis)				
	Moisture	Carbohydrate (Crude fiber)	Crude protein	Crude lipid	Ash
Raw	87.69±0.08 ^{b,1)}	8.89 ^j (0.45±0.03 ^k)	2.04±0.05 ^h	0.05±0.01 ^f	1.33±0.12 ^h
Steamed	90.70±0.02 ^a	7.29 ^k (0.68±0.01 ^j)	1.33±0.09 ⁱ	0.04±0.00 ^f	0.64±0.03 ⁱ
85℃ (20h)	8.56±0.05 ^c	72.25 ^g (5.23±0.02 ⁱ)	12.22±0.13 ^d	0.32±0.01 ^d	6.65±0.04 ^d
85℃ (40h)	7.75±0.09 ^d	74.81 ^c (5.44±0.08 ^f)	10.79±0.05 ^g	0.26±0.01 ^e	6.39±0.11 ^e
85℃ (60h)	5.61±0.09 ^h	75.35 ^b (6.06±0.05 ^d)	12.61±0.03 ^c	0.36±0.02 ^{cd}	6.07±0.06 ^f
90℃ (20h)	6.32±0.09 ^f	71.94 ^h (6.75±0.06 ^b)	14.02±0.06 ^b	0.43±0.03 ^b	7.29±0.25 ^b
90℃ (40h)	5.94±0.20 ^g	70.66 ⁱ (7.86±0.04 ^a)	14.74±0.04 ^a	0.50±0.04 ^a	8.16±0.04 ^a
90℃ (60h)	5.30±0.10 ⁱ	73.25 ^f (6.60±0.04 ^c)	14.03±0.02 ^b	0.44±0.01 ^b	6.98±0.17 ^c
95℃ (20h)	7.35±0.05 ^e	74.66 ^d (5.32±0.05 ^{hi})	11.76±0.09 ^f	0.39±0.01 ^c	5.84±0.10 ^g
95℃ (40h)	7.18±0.06 ^e	74.43 ^e (5.41±0.10 ^{gh})	11.94±0.01 ^e	0.33±0.02 ^d	6.12±0.06 ^f
95℃ (60h)	4.87±0.10 ^j	76.25 ^a (5.90±0.01 ^e)	12.28±0.06 ^d	0.33±0.03 ^d	6.27±0.11 ^{ef}

¹⁾Values are means±standard deviation (SD) (n=3). Values of different superscript letters in each column are significantly different($p<0.05$).

1.2. 무기질 성분

생토란과 증자 토란, 그리고 흑토란의 무기질 성분을 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. 가공 조건에 관계없이 모든 시료에서 무기질 중 칼륨 함량이 가장 높은 것으로 확인되었으며, 특히 90℃에서 20시간 숙성한 흑토란에서 3437.28 mg/100g의 가장 높은 값을 나타냈다. Maga JA(1992)와 Moon JH 등(2010) 또한 선행 연구에서 칼륨을 생토란에 존재하는 가장 함량이 높은 무기질로 보고하여 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

하지만 두 연구에서 모두 철이 가장 소량으로 존재한다고 보고된 반면, 본 연구에서는 생토란에서 철 함량이 797.24 mg/100g으로 다른 무기질에 비해 높게 나타났다. Moy JH 등(1977)은 토란의 무기질 조성은 토양의 조성이나 품종간의 차이를 많이 받는다고 보고하였으며 이에 따른 차이인 것으로 사료된다.

Table 3. Mineral compositions of taro under different thermal processing

	(unit: mg/100g, dry basis)					
	Fe	P	Ca	Na	Mg	K
Raw	797.24±160.61 ^{a,1)}	383.35±74.56 ^{bc}	532.58±94.66 ^a	305.36±38.72 ^a	209.34±37.57 ^a	3283.59±570.40 ^{ab}
85℃ (20h)	29.86±0.06 ^b	318.13±0.90 ^d	160.65±0.25 ^d	45.77±0.29 ^b	105.60±0.03 ^c	3150.05±29.52 ^{ab}
85℃ (40h)	25.46±0.17 ^b	257.77±0.78 ^e	122.95±1.20 ^d	29.85±0.03 ^b	78.88±0.57 ^c	2387.04±21.89 ^d
85℃ (60h)	70.75±0.00 ^b	326.85±0.76 ^d	174.31±0.07 ^d	46.93±0.18 ^b	91.57±0.25 ^c	2592.71±0.72 ^{cd}
90℃ (20h)	23.92±0.05 ^b	522.95±0.09 ^a	451.33±1.43 ^b	34.77±0.05 ^b	158.11±0.18 ^b	3437.28±22.07 ^a
90℃ (40h)	7.28±0.08 ^b	428.80±1.19 ^b	377.68±0.20 ^c	34.47±0.15 ^b	141.83±0.86 ^b	2895.63±5.97 ^{bc}
90℃ (60h)	90.20±0.30 ^b	494.39±1.00 ^a	322.26±0.84 ^c	45.10±0.31 ^b	139.47±0.27 ^b	3001.22±11.05 ^{bc}
95℃ (20h)	72.88±0.18 ^b	351.30±0.15 ^{cd}	155.55±0.15 ^d	55.23±0.23 ^b	94.65±0.14 ^c	2592.74±32.68 ^{cd}
95℃ (40h)	115.72±0.23 ^b	318.00±1.26 ^d	150.34±0.23 ^d	47.74±0.08 ^b	80.27±0.20 ^c	2196.55±7.40 ^d
95℃ (60h)	118.13±0.30 ^b	379.15±1.62 ^{bc}	167.35±0.39 ^d	56.84±0.61 ^b	90.42±0.06 ^c	2588.39±10.61 ^{cd}

¹⁾Values are means±SD (n=3). Values of different superscript letters in each column are significantly different($p<0.05$).

1.3. 분말색도

생토란, 증자 토란, 흑토란을 동결건조하여 분말화한 것의 분말색도는 Table 4와 같다. 명도(Lightness)를 나타내는 L 값의 경우, 생토란이 84.57, 증자 토란이 71.05의 값을 나타냈으며 흑토란은 47.91-55.28의 값을 보였다. 특히 같은 온도에서 숙성 시간이 증가함에 따라 L 값은 같거나 감소하는 것으로 나타났다. 이는 숙성 기간에 따른 흑마늘의 특성을 연구한 Cha HS(2012)의 결과와 비슷한 경향이었으며, Fig. 1에 나타낸 갈색도 결과에 비추어 봤을 때, 열처리 공정에 의한 갈변 반응 때문인 것으로 사료된다. 적색도를 나타내는 a 값은 생토란이 0.22, 증자 토란은 1.08이었으며, 흑토란은 4.57-5.85로 증자나 숙성 공정을 거침에 따라 증가하였고, 숙성 조건에 따라서는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 황색도를 나타내는 b 값은 생토란의 11.94에 비해 조금 감소하여 증자 토란과 흑토란에서는 7.28-10.16의 값을 보였다.

Moon JH 등(2011)의 연구 결과에 따르면 토란의 증자와 건조 공정을 거친 토란의 색도 범위는 L 값 81.38-90.95, a 값 (-0.12)-(0.49), b 값 5.97-10.55로 본 연구에서 실시한 생토란의 색도 범위를 크게 벗어나지 않았다. 이를 통해 흑토란 가공 공정 중 숙성 공정이 흑토란의 색도 변화에 큰 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

Table 4. Hunter's color values of taro under different thermal processing

	Hunter's color value		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Raw	84.57±0.19 ^{a,1)}	0.22±0.01 ^f	11.94±0.17 ^a
Steamed	71.05±0.34 ^b	1.08±0.03 ^e	8.51±0.08 ^e
85℃ (20h)	54.59±0.30 ^c	5.54±0.02 ^b	9.04±0.10 ^d
85℃ (40h)	54.70±0.85 ^c	4.57±0.10 ^d	7.28±0.11 ^g
85℃ (60h)	47.91±0.90 ^e	5.12±0.08 ^c	7.39±0.08 ^g
90℃ (20h)	55.28±2.39 ^c	4.84±0.30 ^c	8.09±0.28 ^f
90℃ (40h)	51.65±0.13 ^d	5.56±0.04 ^b	8.85±0.02 ^d
90℃ (60h)	50.66±0.48 ^d	5.02±0.17 ^c	8.91±0.29 ^d
95℃ (20h)	54.79±0.48 ^c	5.85±0.32 ^a	10.13±0.30 ^b
95℃ (40h)	51.34±0.34 ^d	5.68±0.15 ^{ab}	10.16±0.25 ^b
95℃ (60h)	49.14±0.75 ^e	5.46±0.08 ^b	9.47±0.05 ^c

Values of different superscript letters in each column is significantly different($p<0.05$).

¹⁾Values are means±SD (n=5). *L*, lightness; *a*, redness; *b*, yellowness

1.4. 갈색도

토란의 숙성 조건에 따른 갈색도는 Fig. 1에 나타내었다. 생토란이 0.08의 흡광도를 보인 데 반해 증자 토란에서는 0.02로 갈색도가 조금 낮게 나타났으며, 흑토란은 모두 생토란에 비해 유의적으로 높은 값을 보였다 ($p<0.05$). 이를 통해 흑토란의 갈색도 증가는 증자 과정보다는 숙성 과정이 주된 원인인 것을 알 수 있다. 흑토란 중 85℃에서 20시간 숙성시킨 토란의 경우 0.30으로 가장 낮은 갈색도를 나타내었으며, 90℃에서 40시간 숙성시킨 토란이 0.88로 가장 높은 갈색도를 보였다.

식품의 갈변 반응은 아미노-카르보닐 반응과 캐러멜화 반응으로 대표되는 비효소적 갈변과 polyphenol oxidase가 관여하는 효소적 갈변으로 구분할 수 있으며, 높은 온도에서는 아미노산의 α -amino group과 당의 카르보닐화합물의 반응으로 melanoidine 색소를 형성하는 아미노-카르보닐 반응이 주를 이룬다(Bae SK와 Kim MR 2002). 본 실험의 경우에도 토란을 증자하고 85℃ 이상의 온도에서 숙성하였으므로 갈변에 관여하는 효소는 거의 불활성 되어 비효소적 반응이 갈변 현상의 주된 원인이었을 것으로 사료되며, 같은 숙성 온도에서 시간이 지남에 따라 갈색도가 증가하는 것은 이러한 반응으로 인한 MRPs(Maillard reaction products)에 의한 것으로 생각된다.

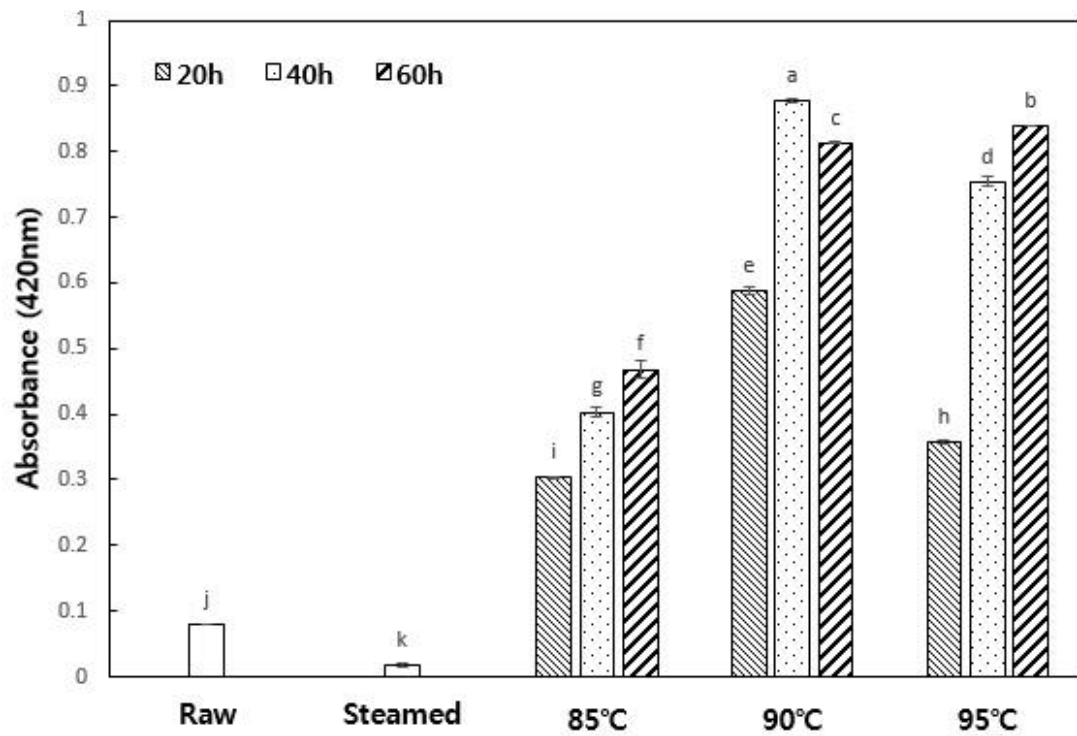


Fig. 1. Browning index of taro under different thermal processing

Values of different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

85°C, 90°C, 95°C, 20h, 40h, 60h: Aging conditions

1.5. Calcium oxalate 함량

생토란에는 Calcium oxalate와 같은 oxalate가 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있으며, 이는 신장 결석의 원인이 될 수 있고 (Emmanuel-Ikpeme CA 등 2007), 칼슘 흡수를 저해하고 아린 맛과 독성을 나타내기 때문에 제거 후 섭취하는 것이 바람직하다. 토란과 뿌리 식물인 마의 경우 50-75%의 oxalate가 수용성 형태로 존재하기 때문에 가공 공정 중 상당 부분 용출되어 제거될 수 있는 것으로 밝혀져 토란에도 비슷한 효과가 기대되었다(Savage GP 등 2000).

본 실험의 Calcium oxalate 함량은 Fig. 2에 나타내었다. 생토란의 경우 59.07 mg/100g의 가장 높은 Calcium oxalate 함량을 보였으며, 이는 Catherwood DJ 등(2007)이 앞서 연구한 54 mg/100g의 결과와 비슷하였다. 선행 연구 결과에 따르면, 토란과 비슷한 뿌리 식물의 Calcium oxalate 함량은 카사바의 경우 17 mg/100g, 고구마의 경우 32 mg/100g로 토란에 비해 비교적 낮은 함량을 함유하고 있는 것으로 나타났으며, 토란도 종에 따라 *Xanthosoma* 속의 경우 23 mg/100g, *Alocasia* 속의 경우 31 mg/100g으로 실험에 사용한 *Colocasia* 속에 비해 낮은 함량을 보였다(Holloway WD 등 1989).

증자 토란은 37.20 mg/100g의 Calcium oxalate 함량을 보여, 생토란에 비해서 유의적으로 감소된 결과를 보였다. 흑토란은 85℃-20h의 28.14 mg/100g에서 95℃-60h의 11.46 mg/100g까지의 함량을 나타내어, 증자 후 숙성 과정에서도 추가적인 Calcium oxalate 감소 효과를 보였다. 같은 온도의 숙성 과정에서는 시간이 지날수록 유의적으로 낮은 Calcium oxalate 함량을 나타냈으나, 온도에 따라서는 유의적인 변화가 없었다 ($p < 0.05$). 이를 통해 Calcium oxalate 함량에는 온도보다 가공 시간이 더 영향을 미친다는 것을 추측해볼 수 있다. Igbabul BD 등(2011)의 연구에서는 30℃의 물을 이용하여 토란을 숙성시켰으며, 비교적 낮은 온도임에도 숙성 시간에 따라서 Calcium oxalate가 유의적으로 감소하였다

($p < 0.05$).

본 연구 결과에 따라 생토란에 비해 흑토란이 매우 낮은 Calcium oxalate 함량을 나타내어 이에 의한 아린 맛의 감소와 유용 영양 성분의 흡수율 증가가 기대된다.

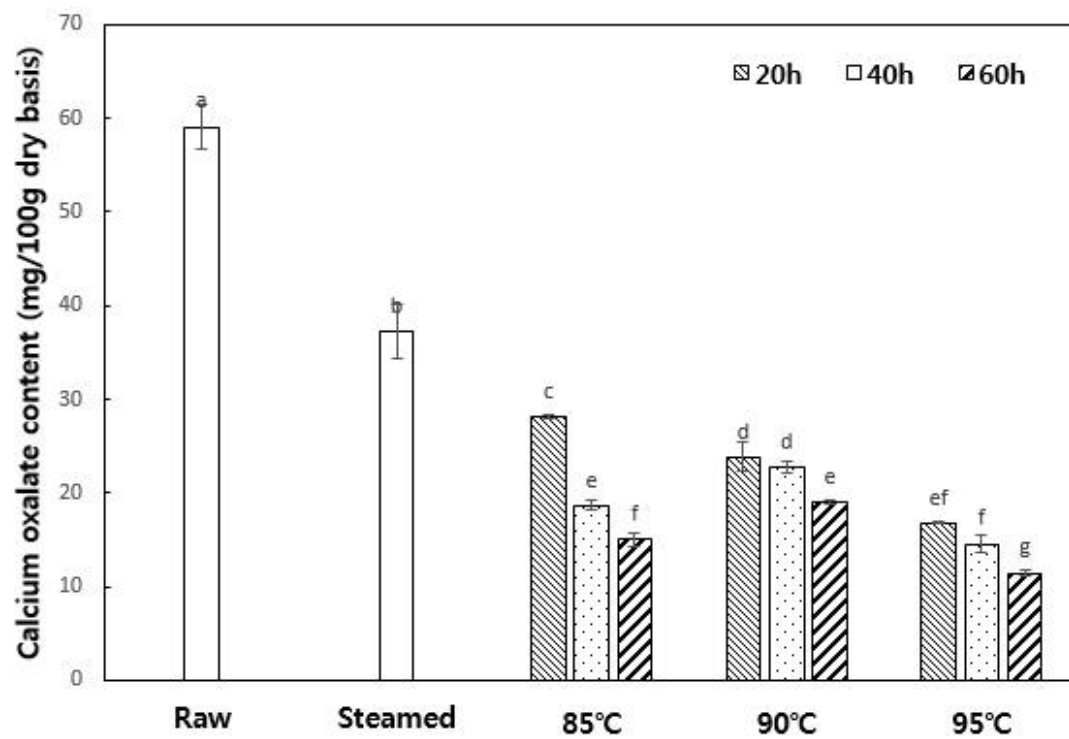


Fig. 2. Calcium oxalate contents of taro under different thermal processing

Values of different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

1.6. 총 당 함량

토란의 열처리 조건에 따른 총 당 함량은 Fig. 3에 나타내었다. 총 당은 생토란에서 112.53 mg/g의 함량을 보였으며, 증자 처리 후 70.51 mg/g로 감소하였고, 숙성 조건에 따라 흑토란에서는 54.94-120.03 mg/g의 함량을 보였다.

생토란에 비해 증자 토란과 20시간 숙성시킨 토란에서 총 당 함량이 낮아진 것은 증자와 숙성 과정 중 수용성 당 성분이 조리수로 용출된 결과로 보인다. 이는 토란의 삶는 시간에 따라 총 당 함량이 유의적으로 낮아진다고 보고한 선행 결과와 일치하였다(Amon AS 등 2014).

한편 같은 온도에서 숙성 시간이 증가함에 따라 총 당 함량도 유의적으로 증가하였다. 맥문동의 로스팅 온도가 높아짐에 따라 총 당 함량이 증가하였다고 보고한 Bae KM 등(2010)은 열처리에 따라 당의 일부 결합이 분해되고, 가열에 의한 수분 증발로 인하여 식물체의 구조가 변형되어 수용성 물질의 추출이 용이하게 될 수 있다고 하였다. Aboubakar X 등(2009) 또한 토란의 조리 시간에 따른 수용성 당 함량이 유의적으로 증가하였다고 하여 본 연구의 결과와 유사하였으며, 토란을 오래 숙성시킴에 따라 고분자 물질에 결합되어 있던 당의 일부가 분해되고 총 당 중에서도 수용성 당이 용이하게 추출되었기 때문인 것으로 생각된다.

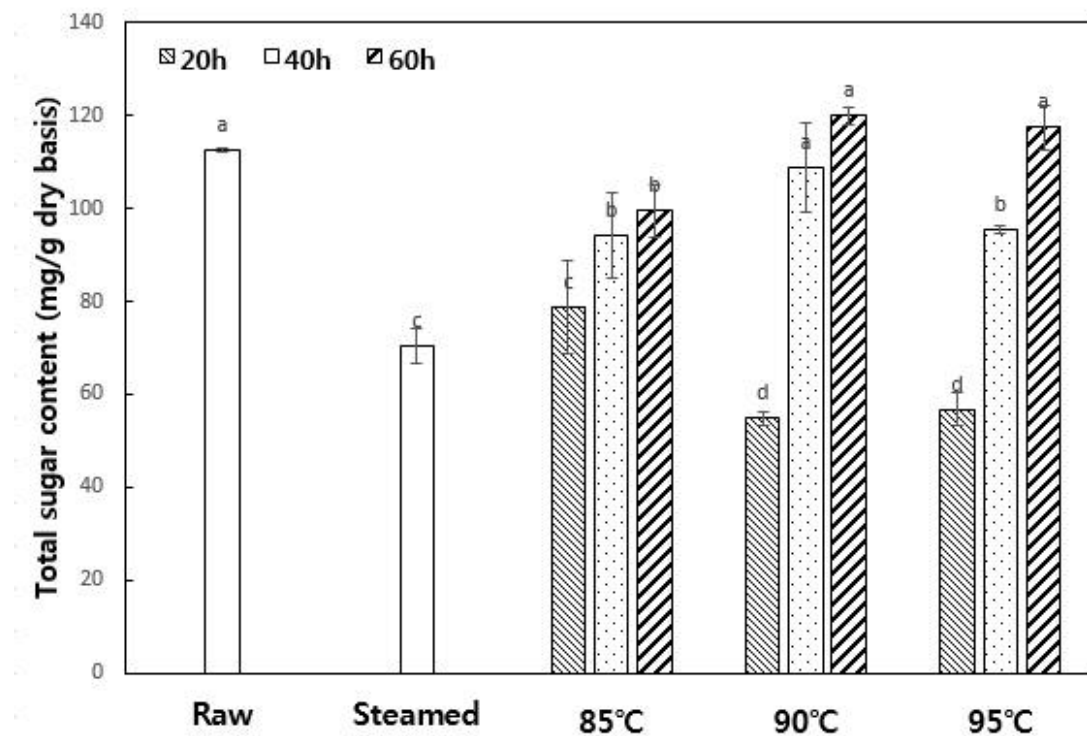


Fig. 3. Total sugar contents of taro under different thermal processing

Values of different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

1.7. 환원당 함량

환원당은 설탕을 제외한 포도당, 과당, 맥아당 등을 포함하며 반응성이 있는 알데히드기와 케톤기를 가지고 금속염 알칼리용액을 환원시키는 당류와 올리고당류의 총칭이다(Choi JH 등 1998). 생토란과 증자 토란, 그리고 흑토란의 숙성 조건별 환원당 함량은 Fig. 4와 같다. 생토란은 42.48 mg/g의 환원당 함량을 보였으며, 가공 과정 중 유의적으로 감소하여 증자 토란에서는 12.29 mg/g, 흑토란에서는 12.73-24.14 mg/g의 함량을 나타내었다. 흑토란은 숙성 시간이나 온도에 따른 특정한 변화 경향이 나타나지 않았으며, 90℃에서 40시간 숙성한 토란에서 24.14 mg/g의 가장 높은 함량을, 그리고 85℃에서 40시간 숙성한 토란에서 12.73 mg/g의 가장 낮은 함량을 나타내었다.

식품에서 비효소적 갈변 반응은 환원당과 염기성 아미노산의 결합에 의해 일어나므로 갈변 반응 시 환원당과 염기성 아미노산 함량이 감소될 수 있다(Kim SD 등 1981). 또한 토란을 반복적으로 열처리함에 따라 비 환원당의 분해로 인한 저분자 환원당의 생성과 용출 등의 복합적인 작용이 일어나 숙성 조건에 따라 다양한 환원당 함량이 나타난 것으로 생각된다.

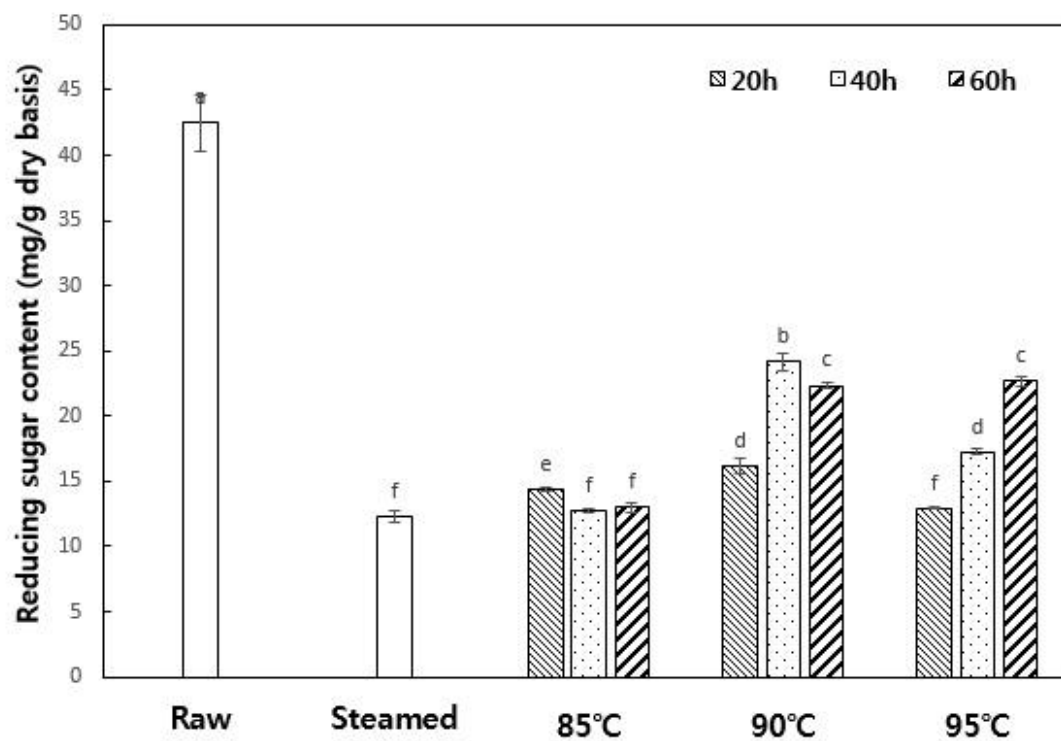


Fig. 4. Reducing sugar contents of taro under different thermal processing

Values of different superscript letters are significantly different($p < 0.05$).

2. 메탄올 추출물의 생리활성성분 및 항산화 활성

2.1. 80% 메탄올 추출 및 수율

80% 메탄올을 이용하여 생토란, 증자 토란 및 흑토란을 추출한 것의 추출 수율을 Fig. 5에 나타내었다. 생토란은 13.69%의 추출 수율을 보였으나, 가공 공정을 거침에 따라 감소하여 5.92-10.54%의 추출 수율을 나타냈으며, 90℃에서 40시간 숙성한 토란이 10.54%의 가장 높은 추출 수율을 보였다. Aboubakar X 등(2009)은 토란을 열처리 하였을 때 가용성 단백질 등이 감소한다고 보고하였으며, 이와 같이 열처리 공정을 거친 토란의 가용성 성분 용출이 감소된 것으로 사료된다. 또한 Kim CS 등(2006)의 연구에 따르면, 홍삼에서 증숙과 건조 과정을 반복함에 따라 호화 후 건조에 의해 조직이 수축되었다고 하였으며, 토란에서도 이러한 조직의 변화로 인해 추출 수율의 감소가 일어났던 것으로 생각된다.

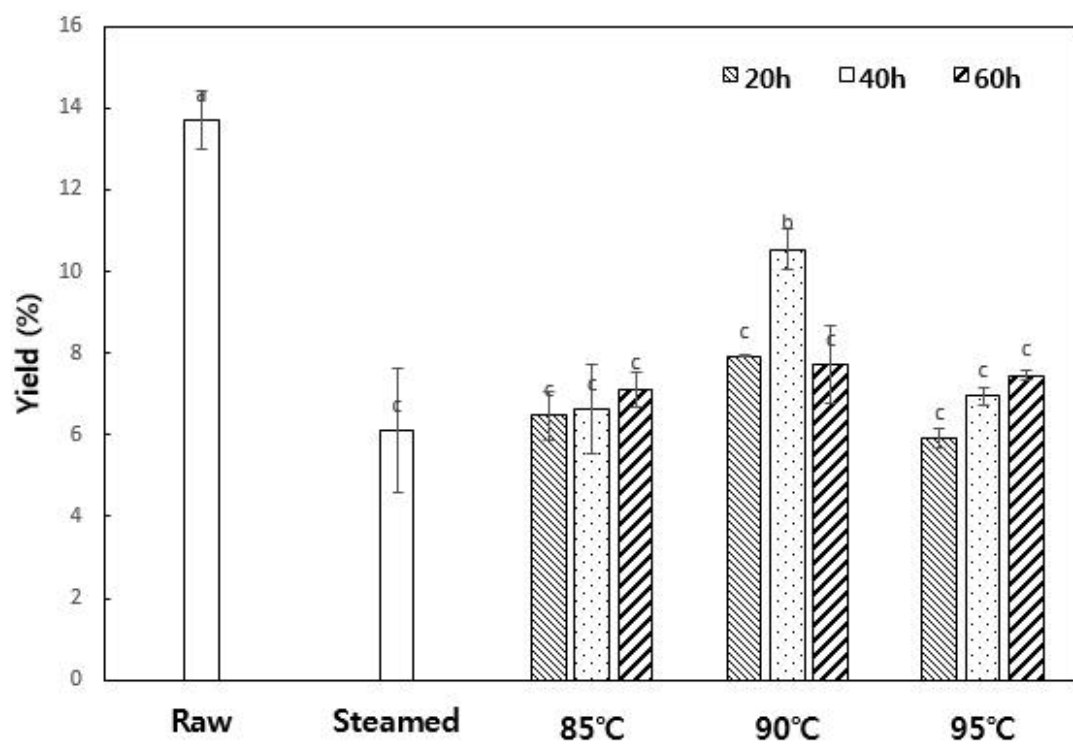


Fig. 5. Yields of 80% MeOH extraction of taro under different thermal processing

Values of different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

2.2. 총 폴리페놀 함량

폴리페놀 화합물은 flavonoids, antocyanins, tannins, catechins, isoflavones, lignans, resveratrols 등을 총칭하며 식물계에 널리 분포되어 있다(Urquiaga I와 Leighton F 2000). 특히 폴리페놀계 화합물들은 분자 내 phenolic hydroxyl기를 다수 가지기 때문에 공명 안정화된 구조로써 여러 화합물과 쉽게 결합하여 항산화 등의 생리활성 기능을 갖는 것으로 알려져 있다(Lu Y와 Foo LY 2000).

흑토란 메탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 6에 나타내었다. 흑토란은 20.61-28.20 mg GAE/g 범위의 총 폴리페놀 함량을 보였으며, 비슷한 뿌리식물인 고구마가 2.61-3.59 mg GAE/g, 더덕이 6.57 mg GAE/g의 폴리페놀 함량을 나타낸 것에 비해(Woo KS 등 2013, Song CH 등 2012) 높은 폴리페놀을 함유하고 있는 것으로 나타났다.

한편 본 연구에서 흑토란의 숙성 온도에 따라서는 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가하였지만($p < 0.05$), 숙성 시간에 따른 변화 추이는 온도에 따라 상이하였다. Park HJ 등(2013)은 옷나무 추출물의 열처리 온도와 시간에 따른 폴리페놀 함량 변화를 연구하였으며, 온도가 시간에 비해 폴리페놀 함량에 더 큰 영향을 미친다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 숙성 온도가 증가함에 따라 토란의 총 폴리페놀 함량이 증가한 것은 인삼을 열처리하였을 때 온도에 따라 폴리페놀이 증가한다고 보고한 Yang SJ 등(2006)의 결과와 비슷한 경향이었다. 이는 온도가 높아짐에 따라 폴리페놀이 유리형으로 전환되거나 고분자의 페놀성 화합물이 저분자의 페놀성 화합물로 전환된 것으로 생각된다.

Shin MH(2015)은 토란의 조리 과정 중의 폴리페놀 함량 변화를 연구하였으며, Blanching의 경우 유의적으로 감소하였고, Boiling과 Steaming의 경우 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 한편 Microwaving의 경우 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가하였으며, 흑토란 개발 중 폴리페놀 함량을 높이기 위한 증자 과정 대체 방법으로 이를 활용할 수 있겠다.

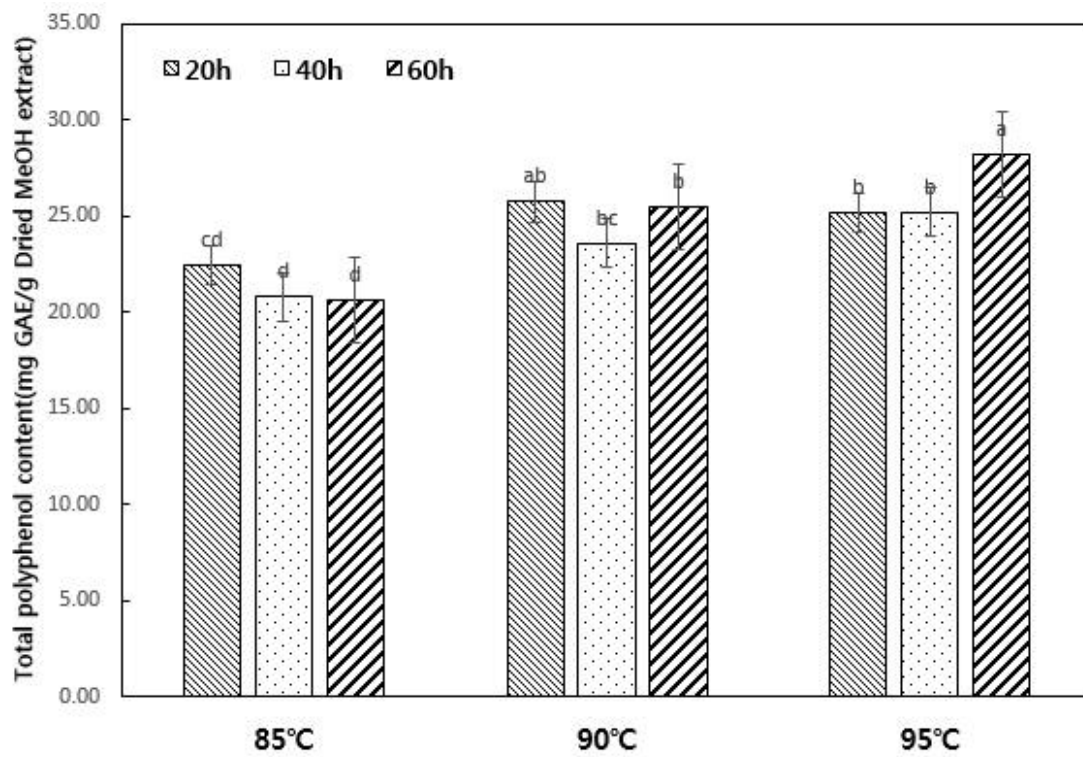


Fig. 6. Total polyphenol contents of black taro under different thermal processing

Values of different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

2.3. DPPH, ABTS 자유 라디칼 소거 활성능

토란의 숙성 조건에 따른 항산화 활성을 알아보기 위하여 DPPH와 ABTS 자유기 소거 활성을 측정하였으며, 이를 Vitamin C equivalent antioxidant activity capacity(VCEAC)와 EC₅₀ value로 환산하여 제시하였다(Table 5).

DPPH와 ABTS 라디칼 소거능은 숙성 온도가 높아짐에 따라 증가하는 유사한 경향을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능은 85℃에서 40시간 숙성시킨 토란에서 3.67 mg VCEAC/g의 가장 낮은 값을, 95℃에서 60시간 숙성시킨 토란에서 7.52 mg VCEAC/g의 가장 높은 값을 나타냈으며, ABTS 라디칼 소거능은 85℃에서 20시간 숙성시킨 토란에서 9.63 mg VCEAC/g의 가장 낮은 값을, 95℃에서 60시간 숙성시킨 토란에서 20.32 VCEAC/g의 가장 높은 값을 보였다. EC₅₀ value 또한 총 항산화력과 유사한 결과를 보여, 두 값 모두 95℃에서 60시간 숙성시킨 토란에서 가장 낮았다. 마늘 또한 고온 고압 처리시 온도가 높아짐에 따라 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능이 증가하였으며(Lee YR 등 2012), 증긴한 더덕도 생 더덕에 비해 유의적으로 높은 항산화력을 나타냈다고 보고되어 열처리에 따른 항산화력의 변화가 본 연구와 유사한 것으로 확인되었다(Song CH 등 2012).

고온의 가공 공정을 거치면 새로운 페놀 화합 물질이 생성되고 갈변 물질 등이 증가하게 되며 이는 항산화력의 증가에 큰 영향을 미친다(Shin JH 등 2008). 특히 갈변 반응으로 인해 생성되는 melanoidine은 강한 항산화력을 가지며 이는 melanoidine에 포함된 환원성 성분에 의한 radical scavenger 작용 등에 기인한다(Lee JW와 Do JH 2006). 토란의 숙성 온도와 시간이 증가함에 따라 갈변 반응이 활발하게 일어나 항산화력의 증가에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 또한 본 연구 결과는 Fig. 6의 총 폴리페놀 함량의 분석 결과와 유사하여 폴리페놀 성분 증가 또한 항산화 활성에 효과를 주었을 것으로 판단된다.

Table 5. Vitamin C equivalent capacities and EC₅₀ values of black taro under different thermal processing

	VCEAC ¹⁾		EC ₅₀ value ²⁾	
	(mg/g Dried MeOH extract)		(mg/mL)	
	DPPH	ABTS	DPPH	ABTS
85°C (20h)	4.29±0.04 ^{f,3)}	9.63±0.06 ^h	4.66±0.12 ^c	7.10±0.00 ^b
85°C (40h)	3.67±0.11 ^h	9.89±0.02 ^g	5.60±0.11 ^a	7.56±0.05 ^a
85°C (60h)	4.03±0.00 ^g	10.85±0.02 ^f	4.98±0.09 ^b	7.59±0.13 ^a
90°C (20h)	6.80±0.13 ^e	14.99±0.02 ^d	2.81±0.07 ^c	4.99±0.23 ^d
90°C (40h)	7.06±0.03 ^{cd}	15.03±0.03 ^d	2.85±0.08 ^c	5.36±0.22 ^c
90°C (60h)	7.00±0.02 ^d	13.69±0.14 ^e	2.69±0.13 ^{cd}	5.44±0.16 ^c
95°C (20h)	7.19±0.07 ^{bc}	16.01±0.10 ^c	2.69±0.14 ^{cd}	4.25±0.12 ^e
95°C (40h)	7.30±0.04 ^b	19.61±0.08 ^b	2.55±0.06 ^d	4.82±0.15 ^d
95°C (60h)	7.52±0.04 ^a	20.32±0.13 ^a	2.21±0.09 ^e	3.67±0.17 ^f

¹⁾VCEAC: Vitamin C equivalent antioxidant activity.

²⁾EC₅₀ value: Effective concentration to decrease DPPH and ABTS radical by 50%.

³⁾Values are means±SD (n=3). Values of different superscript letters in each column is significantly different($p<0.05$).

2.4. FRAP 활성

FRAP 활성은 DPPH와 ABTS 자유기 소거 활성능이 free radical을 직접적으로 소거하는 것에 의해 항산화 활성을 평가하는 방법인 데 반해, 산화 및 환원 반응을 이용한 매커니즘을 이용한다(Lee HR 등 2008). 따라서 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능과 다른 결과가 나타날 수 있으며, 토란의 숙성 조건에 따른 FRAP 활성을 Fig. 7에 나타내었다. 85℃에서 숙성한 토란은 3.43-4.28 mg VCEAC/g, 90℃에서 숙성한 토란은 5.78-6.44 mg VCEAC/g, 그리고 95℃에서 숙성한 토란은 5.15-6.79 VCEAC/g의 FRAP 활성을 나타내었다.

전체적으로 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능과 유사하게 경향을 보였으나, 20시간과 40시간 숙성시킨 시료에서는 90℃보다 95℃에서 숙성시켰을 때 FRAP 활성이 낮아지는 결과를 보였으며, 높은 온도에서 단시간 숙성 시 수용성 생리활성 성분이 용출된 것으로 사료된다. 또한 토란의 FRAP 활성 결과는 전체적으로 Fig. 1에 나타내었던 갈색도 결과와 상당히 유사하여 숙성 중 갈변 반응이 FRAP 활성에 큰 영향을 미친 것으로 판단된다.

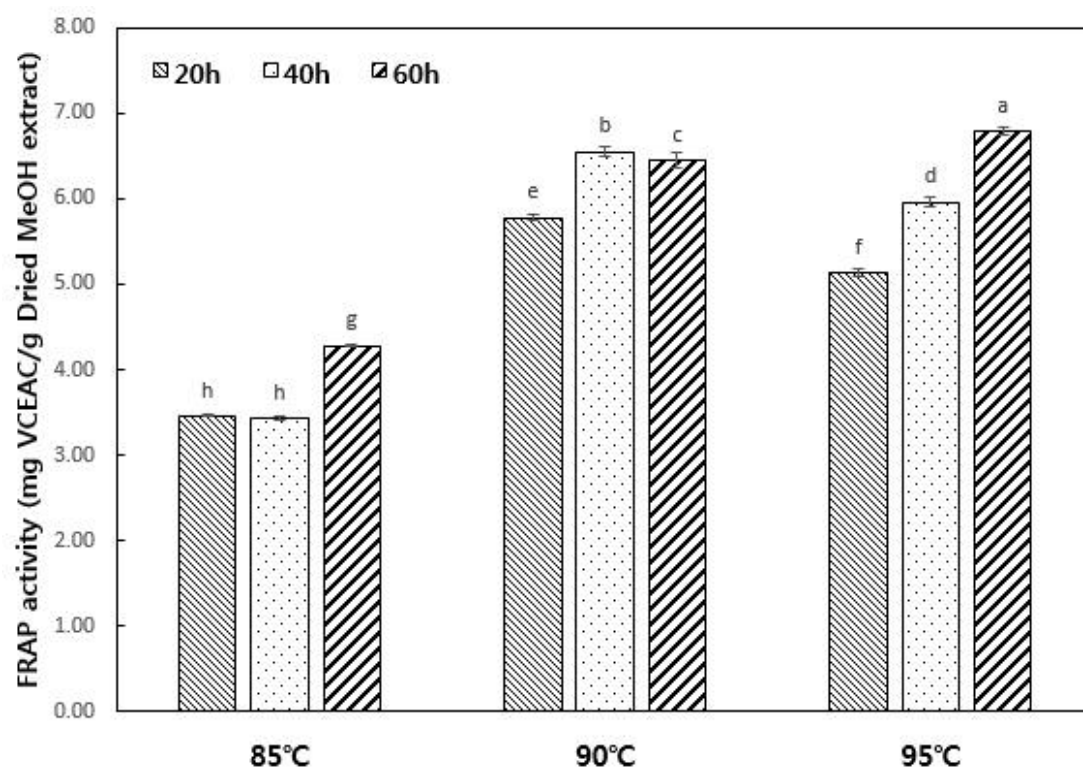


Fig. 7. FRAP activities of black taro under different thermal processing

Values of different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

3. 반응표면분석에 의한 흑토란차의 관능 최적화

반응표면분석(Response surface methodology)은 독립변수의 조건에 따라 얻어진 반응변수의 값을 좌표에 그려 반응 표면을 추정하고, 반응 값을 최대 혹은 최소로 최적화하는 독립변수의 조건을 찾는 분석 방법이다 (Kim JC 등 2015). 식품에 있어서 반응표면분석법은 생리활성 물질을 최적으로 추출하는 조건을 찾거나, 관능적 기호도가 가장 높은 재료의 배합 비율이나 가공 조건을 탐색하는 데 주로 이용되어 왔다. Ban YJ 등(2010)은 반응표면분석을 이용하여 흑생강의 항산화력을 최대화시키는 증숙 조건을 탐색하였으며, 흑생강 음료 제조를 위한 기초 자료로 사용하였다. 이에 따라 토란의 숙성 온도와 숙성 시간에 따른 흑토란 차의 색, 맛, 향, 전반적인 기호도의 반응 관계를 알아보고 기호도가 가장 높은 숙성 조건을 탐색하기 위해 관능검사와 반응표면분석을 실시하였으며, 각 실험 조건에 따른 기호도 검사 결과를 Table 6에 나타내었다.

Table 6. Experimental data of sensory evaluation¹⁾ for sensory optimization of black taro

Standard order	Temperature (X ₁ , °C)	Time (X ₂ , h)	Color	Taste	Aroma	Overall acceptance
1	-1 (85)	-1 (20)	3.78±1.22	3.44±1.49	4.16±1.22	3.68±1.45
2	1 (95)	-1 (20)	3.10±1.42	3.56±1.46	3.90±1.13	3.42±1.36
3	-1 (85)	1 (60)	4.02±1.22	3.58±0.95	4.04±1.09	3.84±1.23
4	1 (95)	1 (60)	4.08±1.68	2.66±1.38	3.96±1.19	3.10±1.31
5	-α (82.9)	0 (40)	3.54±1.28	3.40±1.54	4.06±1.02	3.60±1.29
6	α (97.1)	0 (40)	3.94±1.36	3.30±1.36	4.30±1.16	3.71±1.27
7	0 (90)	-α (11.7)	3.92±1.43	3.42±1.44	3.98±1.10	3.62±1.32
8	0 (90)	α (68.3)	4.78±1.22	3.54±1.64	4.40±1.16	3.88±1.39
9	0 (90)	0 (40)	4.36±0.95	3.73±1.18	4.22±0.73	4.07±1.07
10	0 (90)	0 (40)	4.35±1.22	3.74±1.22	4.22±0.97	4.08±1.20
11	0 (90)	0 (40)	4.37±1.24	3.74±1.64	4.20±0.97	4.06±1.42
12	0 (90)	0 (40)	4.35±1.03	3.75±1.54	4.20±1.30	4.08±1.53

¹⁾1: extremely dislike, 2: dislike, 3: slightly dislike, 4: neither like or dislike, 5: slightly like, 6: like, 7: extremely like

3.1. 색 (Color)

토란의 숙성 조건에 따라 흑토란을 우린 차의 색이 육안으로 구별될 정도로 다른 것을 확인할 수 있었으며, 이에 대한 기호도를 확인하기 위해 실험 조건에 따른 반응표면분석을 실시하여 Table 6에 나타내었다. 90℃에서 68.3시간 동안 숙성시킨 8번 시료에서 4.78의 가장 높은 기호도가 나타났으며, 95℃에서 20시간 동안 숙성시킨 2번 시료에서 3.10의 가장 낮은 기호도를 보였다. 다중회귀분석을 통해 다음과 같은 실험 조건에 따른 색 기호도의 2차 다항방정식을 유도하였다.

$$Y_I = -113.6038 + 2.6760X_I - 0.1351X_2 - 0.0153X_I^2 - 0.0002X_2^2 + 0.0019X_I X_2$$

R^2 값은 0.8417이었으며, p -value는 0.0101로 5% 이내에서 유의적인 결과를 나타내어 2차 다항방정식이 반응 값 예측에 적합한 모델로 예측되었다. 색에 대한 기호도는 숙성 시간보다 숙성 온도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 숙성 온도와 숙성 시간에 따른 색 기호도 변화를 Fig. 8의 3차원 입체 그림과 등고선도로 나타내었으며, 정상점이 최대점인 모델임이 확인되었으나 최대점의 시간 범위는 실험 범위를 벗어난 것으로 나타났다. 즉, 숙성 온도가 93.10℃, 숙성 시간이 91.94시간일 때 색에 대하여 4.75의 최적 기호도를 갖는 것으로 예측되었다.

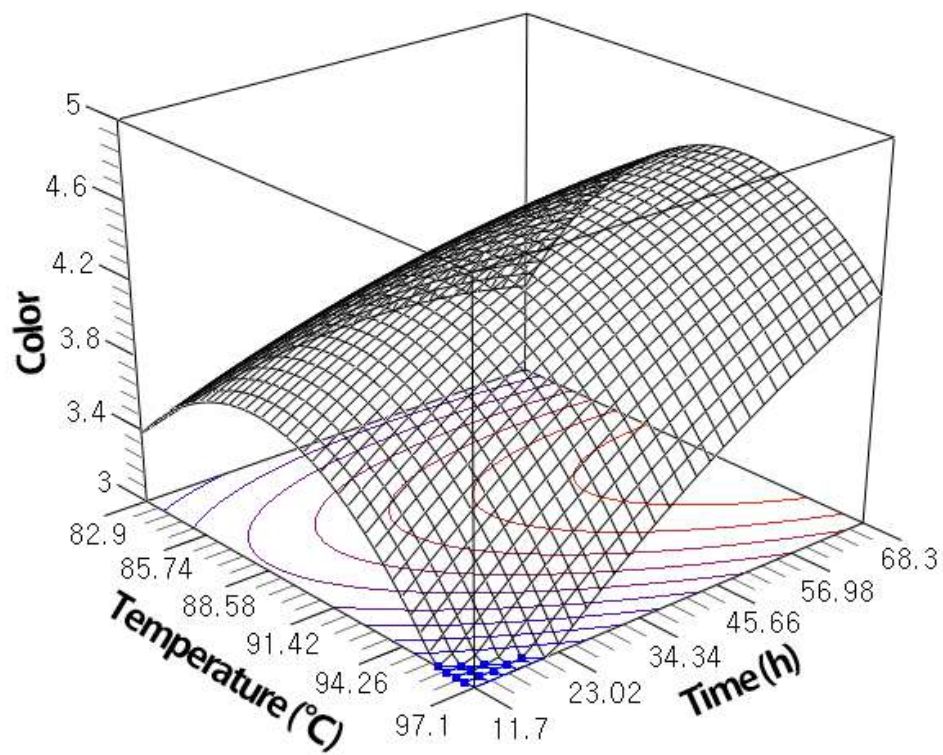


Fig. 8. Response surface plot and contour plot showing the effects of aging temperature($^{\circ}\text{C}$) and time(h) on color acceptance of black taro

3.2. 맛 (Taste)

토란의 숙성 조건에 따른 맛에 대한 기호도는 Table 6에 나타내었다. 맛에 대한 기호도는 2.66-3.75 범위 내의 값을 보였으며, 90℃에서 40시간 동안 숙성시킨 12번 시료에서 3.75의 가장 높은 기호도가 나타났다. 다중회귀분석을 통한 실험 조건에 따른 맛 기호도의 2차 다항방정식은 다음과 같았다.

$$Y_2 = -74.6892 + 1.6518X_1 + 0.2613X_2 - 0.0087X_1^2 - 0.0004X_2^2 + 0.0026X_1X_2$$

반응모델의 적합도를 나타내는 R^2 은 0.8244의 값을 보였고, p -value는 0.0332로 5% 이내에서 유의적인 결과를 나타내어 2차 다항방정식 모델이 적합하다고 판단하였다. 토란의 숙성 온도와 숙성 시간 모두 유의적으로 맛 기호도에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

숙성 온도와 숙성 시간에 따른 맛의 기호도 변화에 대한 3차원 그래프와 등고선도를 Fig. 9에 나타내었으며, 실험 범위 내에 최대점의 정상점을 갖는 모델임이 확인되었다. 숙성 온도가 88.73℃, 숙성 시간이 39.50시간일 때 맛에 대한 기호도가 가장 높으며, 이 때의 예측된 기호도는 3.75였다.

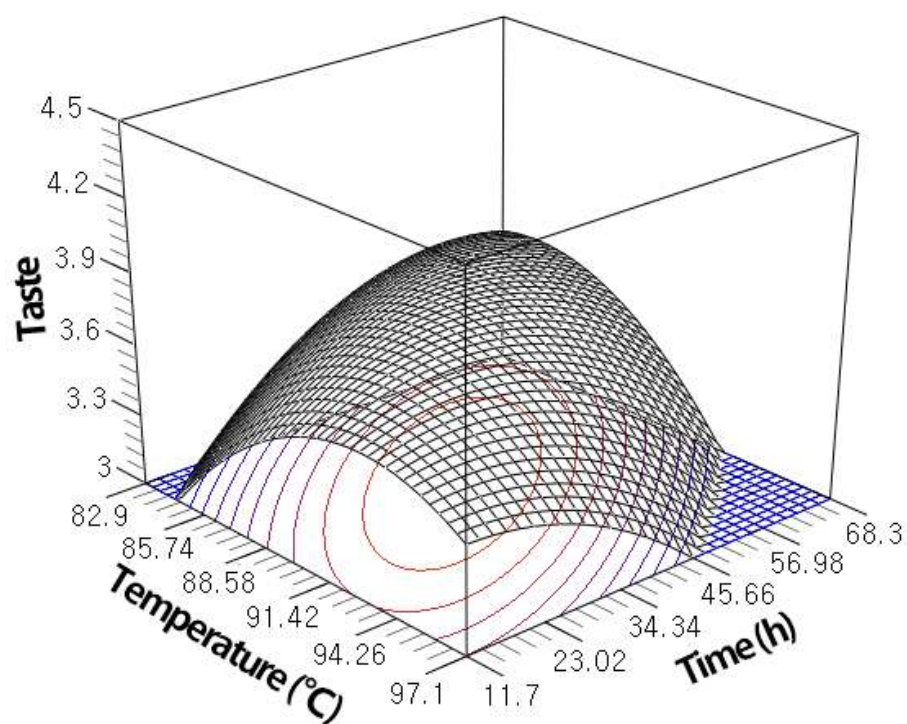


Fig. 9. Response surface plot and contour plot showing the effects of aging temperature(°C) and time(h) on taste acceptance of black taro

3.3. 향 (Aroma)

흑토란 차의 향에 대한 기호도 결과는 Table 6과 같다. 95℃에서 20시간 동안 숙성시킨 2번 시료에서 3.90의 가장 낮은 기호도가, 90℃에서 68.3시간 동안 숙성시킨 8번 시료에서 4.40의 가장 높은 기호도가 나타났으나 차이는 크지 않았다. 측정한 실험값으로 다중회귀분석을 실시한 결과, R^2 값은 0.3282, p -value는 0.6508로 향에 대한 2차 다항방정식은 유의하지 않아 적합한 반응 표면을 이끌어낼 수 없었다. 숙성 조건에 따라 시료의 향에 대한 기호도를 구분하지 않은 패널이 많은 것으로 보아 향에 있어서 시료 간에 큰 차이를 보이지 않은 것으로 판단된다.

3.4. 전반적인 기호도 (Overall acceptance)

토란의 숙성 조건에 따른 흑토란 차의 전반적인 기호도 결과는 Table 6에 나타내었다. 전반적인 기호도는 90℃에서 40시간 동안 숙성한 10번 시료에서 4.08의 가장 높은 값을 나타냈으며, 95℃에서 60시간 동안 숙성한 4번 시료에서 3.10의 가장 낮은 값을 보였다. 흑토란 차의 전반적인 기호도에 대한 2차 다항방정식을 다중회귀분석을 통해 유도하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

$$Y_4 = -81.7543 + 1.8605X_1 + 0.1512X_2 - 0.0102X_1^2 - 0.0005X_2^2 - 0.0012X_1X_2$$

반응모델의 적합도를 나타내는 R^2 값은 0.7480이었고, p -value는 0.0450로 5% 이내에서 유의적인 결과를 나타내어 2차 다항방정식 모델의 적합성이 확인되었다. 전반적인 기호도에 더 영향을 주는 숙성 조건은 토란의 숙성 온도인 것으로 나타났다. 숙성 조건에 따른 전반적인 기호도 변화를 Fig. 10의 3차원 입체 그림으로 나타내었으며, 최대점의 정상점을 갖는 모델이었다. 즉, 흑토란을 우린 차의 최적 조건은 숙성 온도 88.8 2℃, 숙성 시간 42.60시간으로, 이 때의 전반적인 기호도는 4.09일 것으로 예측되었다.

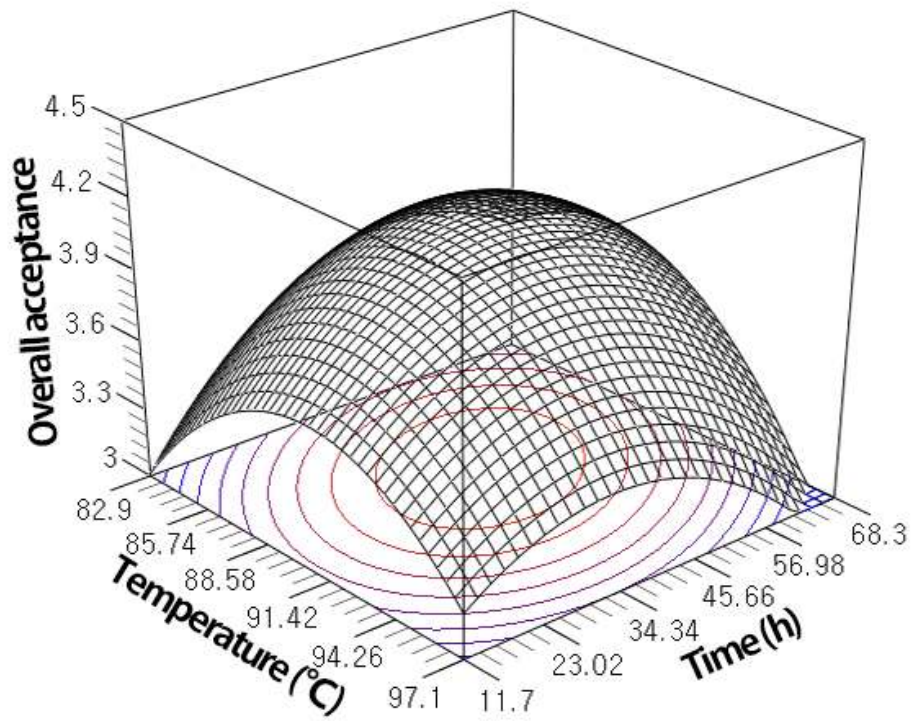


Fig. 10. Response surface plot and contour plot showing the effects of aging temperature(°C) and time(h) on overall acceptance of black taro

3.5. 관능적 특성간의 상관관계

흑토란의 색, 맛, 향, 전반적인 기호도의 평가 결과가 항목 간에 선형적으로 얼마나 연관성이 있는지를 알아보기 위하여 상관 분석을 실시하였으며, 그 결과를 Table 7에 제시하였다.

관능적 특성간의 관계는 맛과 전반적인 기호도($r=0.884$)에서 유의수준 $p<0.01$ 로 가장 높은 양의 상관관계를 보였으며, 색과 향($r=0.746$), 향과 전반적인 기호도($r=0.684$), 그리고 색과 전반적인 기호도($r=0.624$)에서 유의적인 상관관계를 나타내었다. 이를 통해 색과 맛, 그리고 향 모두 전반적인 기호도에 유의적인 영향을 미침을 파악할 수 있었으며, 그 중 맛이 가장 높은 상관관계를 보였다. 또한 모든 r 값은 양의 정수로 나타나 모든 관능적 특성이 양의 상관관계를 나타냄을 확인하였다.

흑토란의 숙성 조건에 따른 색, 맛, 향, 전반적인 기호도의 2차 다항방정식과 최적 조건을 Table 8에 종합하여 나타내었다. 실험 조건 내에서 유의한 반응모델을 예측할 수 있었던 맛과 전반적인 기호도의 최적 숙성 조건은 $88.73\text{--}88.82^{\circ}\text{C}$ 의 온도와 39.50–42.60시간임을 확인하였으며, 이는 관능적으로 최적이 되는 흑토란 식품을 개발하는 데에 기초 자료가 될 것으로 판단된다.

Table 7. Pearson correlation coefficients between sensory characteristics of black taro

	Color	Taste	Aroma	Overall acceptance
Color	1.000			
Taste	0.264	1.000		
Aroma	0.746**	0.410	1.000	
Overall acceptance	0.624*	0.884**	0.684**	1.000

*significant($p<0.05$) **significant($p<0.01$)

Table 8. The equations, optimum conditions, and predicted values of sensory evaluation of black taro

Reponse	Equation	R ²	p-value	Optimum condition		
				Temperature (°C)	Time (h)	Predicted value
Color	$Y_1 = -113.6038 + 2.6760X_1 - 0.1351X_2 - 0.0153X_1^2 - 0.0002X_2^2 + 0.0019X_1X_2$	0.8417	0.0101*	93.10	91.94	4.75
Taste	$Y_2 = -74.6892 + 1.6518X_1 + 0.2613X_2 - 0.0087X_1^2 - 0.0004X_2^2 + 0.0026X_1X_2$	0.8244	0.0332*	88.73	39.50	3.75
Aroma	$Y_3 = -13.4320 + 0.4023X_1 - 0.0263X_2 - 0.0023X_1^2 - 0.0001X_2^2 + 0.0005X_1X_2$	0.3282	0.6508			
Overall acceptance	$Y_4 = -81.7543 + 1.8605X_1 + 0.1512X_2 - 0.0102X_1^2 - 0.0005X_2^2 - 0.0012X_1X_2$	0.7480	0.0450*	88.82	42.60	4.09

*significant($p < 0.05$)

IV. 요약 및 결론

토란은 풍부한 영양 성분과 다양한 효능을 가지고 있으나 활용도가 높지 않고, 옥살산 등의 영양 저해 성분과 높은 수분 함량을 가지며 갈변 현상이 쉽게 일어나기 때문에 상품화를 위해서는 새로운 가공 방법에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 토란을 증자, 숙성, 건조하는 과정을 통해 차로 음용할 뿐만 아니라 다양한 식품 재료로 활용할 수 있는 새로운 가공 방법을 개발하고자 하였으며, 이를 흑토란이라 명명하였다. 흑토란을 제조하기 위하여 증자($95\pm 3^{\circ}\text{C}$ -1h) 후 다양한 조건($85, 90, 95^{\circ}\text{C}$ -20, 40, 60h)에서 숙성시켰으며, 이를 건조(60°C -24h)하여 분말화하였다. 그 후, 이화학적 특성, 항산화 활성을 분석하고 흑토란차 제조를 위해 반응 표면분석을 이용하여 관능적 최적점을 탐색하였다.

1. 토란의 일반성분 분석 결과, 생토란은 87.69%의 수분 함량을 보였고 증자 시 90.70%으로 증가하였다가 흑토란에서 4.87-8.56%로 감소하였다. 흑토란은 생토란과 증자 토란에 비해 탄수화물, 조단백, 조지방, 조회분 함량이 모두 증가하였으며, 조섬유는 생토란에서 0.45%, 흑토란에서 5.23-7.86%의 함량을 나타내었다. 무기질 성분 분석 결과, 모든 시료에서 칼륨 함량이 가장 높았다.

2. 분말색도는 생토란을 열처리함에 따라 L 값이 84.57에서 증자 토란의 71.05, 그리고 흑토란에서 47.91-55.28으로 감소하였으며, a 값은 증가하고 b 값은 감소하는 경향을 나타내었다. 갈색도는 생토란에서 0.08의 값을 나타냈고, 증자 후 0.02로 감소하였다가 흑토란에서 급격하게 증가하였으며 90°C 에서 40시간 숙성한 토란에서 0.88의 가장 높은 값을 보였다.

3. Calcium oxalate 함량 측정 결과, 생토란에서 59.07 mg/100g의 함량을 보였으며, 증자 후 37.20 mg/100g으로 감소하였고, 숙성 과정을 거치

며 시간에 따라 유의적으로 감소하여 90℃에서 60시간 숙성시킨 토란에서 11.46 mg/100g의 가장 낮은 값을 보였다.

4. 토란의 총 당과 함량 결과, 생토란은 112.53 mg/g, 증자 토란은 70.51 mg/g을 나타냈으며, 흑토란은 숙성 시간에 따라 유의적으로 증가하였고 54.94-120.03 mg/g의 함량을 보였다. 환원당은 42.48 mg/g에서 증자 후 12.29 mg/g로 감소하였으며, 흑토란에서 12.73-24.14 mg/g의 함량을 나타내었다.

5. 토란의 생리활성성분 및 항산화 활성을 알아보기 위하여 80% 메탄올을 이용하여 추출하였으며, 이 때 생토란은 13.69%의 추출 수율을 보였고 가공 공정을 거침에 따라 감소하여 5.92-10.54%의 추출 수율을 나타내었다.

6. 흑토란의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과, 20.61-28.30 mg GAE/g의 값을 나타냈으며, 숙성 온도에 따라서 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가함을 확인하였다.

7. 흑토란의 항산화 활성을 DPPH, ABTS 자유라디칼 소거능 및 FRAP 활성으로 측정하였다. DPPH와 ABTS 라디칼 소거능 모두 숙성 온도가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. DPPH 라디칼 소거능은 3.67-7.52 mg VCEAC/g의 값을, ABTS 라디칼 소거능은 9.63-20.32 VCEAC/g의 값을 나타냈으며, 두 소거능 모두 95℃에서 60시간 숙성시킨 시료에서 가장 높았다. FRAP 활성 또한 유사한 경향을 보였고, 3.43-6.79 mg VCEAC/g의 값을 나타내었다.

8. 흑토란의 관능 최적 숙성 조건을 탐색하기 위하여 색, 맛, 향, 전체적인 기호도에 대하여 반응표면분석을 실시하였다. 색($R^2=0.8471$), 맛($R^2=0.8244$), 전반적인 기호도($R^2=0.7480$)에 대하여 유의한 반응 표면을

이끌어낼 수 있었으며, 맛과 전반적인 기호도 항목에서 실험 범위 내의 최적점을 이끌어낼 수 있었다(맛: 88.73℃, 39.50시간, 전반적인 기호도: 88.82℃, 42.60시간). 관능 특성간의 상관 분석 결과, 전반적인 기호도에는 색, 맛, 향 모두 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 맛($r=0.885$)의 영향이 가장 큰 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 토란의 숙성 조건에 따른 이화학적 특성 및 항산화 활성의 차이를 확인하였으며, 관능적으로 최적인 되는 토란의 숙성 조건을 확인하였다. 실험 결과를 종합해 보았을 때, 생토란에 비해 흑토란에서 섬유소 함량의 증가, Calcium oxalate의 유의적인 감소, 그리고 갈변 반응으로 인한 생리활성 성분의 증가 효과를 기대할 수 있었다. 높은 항산화 효과를 위해서는 높은 온도에서 오랜 시간 숙성이 필요하며, 88.73-88.82℃의 온도에서 39.50-42.60 시간 동안 숙성시켰을 시 관능적으로 우수한 흑토란을 생산할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구는 토란의 이용성을 증진시키며 흑토란 분말의 다양한 식품재료로서의 활용 가능성을 탐색하기 위한 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

참고문헌

- Aboubakar X, Njintang NY, Scher J, Mbofung CMF. Texture, microstructure and physicochemical characteristic of taro as influenced by cooking conditions. J. Food Eng. 91(3): 373-379 (2009)
- Allen ON, Allen EK. The manufacture of poi from taro in Hawaii with special emphasis upon its fermentation. Hawaii Agric. 70: 32 (1933)
- Amon AS, Soro RY, Assemmand EF, Dué EA, Kouamé LP. Effect of boiling time on chemical composition and physico-functional properties of flours from taro(*Colocasia esculenta cv foué*) corm grown in Côte d'Ivoire. J. Food Sci. Technol. 51(5): 855-864 (2014)
- AOAC. Official method of analysis. 15th ed. Method 777, 780, 788. The association of official analytical chemistry, Washington DC, USA (1990)
- Bae KM, Park SH, Jung KH, Kim MJ, Hong SH, Song YO, Lee HS. Effects of roasting conditions on physicochemical properties and sensory properties of *Liriopsis* tuber. J. Korean Soc, Food Sci. Nutr. 39(10): 1503-1508 (2010)
- Bae SK, Kim MR. Effects of sodium metabisulfite and adipic acid on browning of garlic juice concentrate during storage. Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 18(1): 73-80 (2002)
- Ban YJ, Baik MY, Hahm YT, Kim HK, Kim BY. Optimization of processing conditions for making a black ginger and design mixture for black ginger drinks. Food Eng. Progr. 14(2): 112-117 (2010)
- Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma(FRAP) as a measure of "antioxidant power" : The FRAP assay. Anal.

- Biochem. 239(1): 70–76 (1996)
- Bradbury JH, Nixon RW. The acidity of raphides from the edible aroids. J Sci. Food Agric. 76(4): 608–616 (1998)
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Sci. Technol. 28(1): 25–30 (1995)
- Catherwood DJ, Savage GP, Mason SM, Scheffer JJC, Douglas JA. Oxalate content of cormels of japanese taro and the effect of cooking. J. Food Compos. Anal. 20(3–4): 147–151 (2007)
- Cha HS. Physicochemical properties and antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.) depend on aging periods. Master thesis. Kyung Hee University. Seoul. KOR (2012)
- Choi JH, Kim KY, Lee JC. Effects of pre-pressing condition on quality of pear juice. Korean J. Food Sci. Technol. 30(4): 827–831 (1998)
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28(3): 350–356 (1956)
- Emmanuel-Ikpeme CA, Eneji CA, Essiet U. Storage stability and sensory evaluation of taro chips fried in palm oil, palm olein oil, groundnut oil, soybean oil and their blends. Pakistan J. Nutr. 6(6): 570–575 (2007)
- Holloway WD, Argall ME, Jealous WT, Lee JA, Howard-Bradbury J. Organic acids and calcium oxalate in tropical root crops. J. Agric. Food Chem. 37(2): 337–341 (1989)
- Hong HD, Kim YC, Rho JH, Kim KT, Lee YC. Changes on physicochemical properties of *Panax ginseng* C. A. Meyer during repeated steaming process. J. Ginseng Res. 31(4): 222–229 (2007)
- Igbabul BD, Amove J, Twadue L. Effect of fermentation on the

- proximate composition, antinutritional factors and functional properties of cocoyam (*Colocasia esculenta*) flour. Afr. J. Food Sci. Technol. 5(3): 67-74 (2014)
- Jang EK, Seo JH, Lee SP. Physiological activity and antioxidative effects of aged black garlic(*Allium sativum* L.) extract. Korean J. Food Sci. Technol. 40(4): 443-448 (2008)
- Jeong SW, Jeong JW. Comparison of shelf-life on peeled taro(*Colocasia antiquorum* SCHOTT) stored in various immersion liquids. Korean J. Food Preserv. 9: 154-160 (2002)
- Kim CJ, Kim EK. 토란과 토란 전분의 이화학적 성질과 가공 적성. Food Ind. Nutr. 3(1): 55-64 (1998)
- Kim CS, Jang DS, Che SY. Histological Characteristics of korean red ginseng in steaming processes. Korean J. Medicinal Crop Sci. 14(1): 36-40 (2006)
- Kim DO, Lee LW, Lee HJ, Lee CY. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. J. Agric. Food Chem. 50(13): 3713-3717 (2002)
- Kim EK, Chung EK, Lee HO, Yum CA. A study on physicochemical properties of taro during the pretreatment process of making Toranbyung. J. The East Asian Soc. Dietary Life. 5: 255-262 (1995)
- Kim HJ, Lee JY, You BR, Kim HR, Choi JE, Nam KY, Moon BD, Kim MR. Antioxidant activities of ethanol extracts from black ginseng prepared by steaming-drying cycles. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40(2): 156-162 (2011)
- Kim JC, Yi HC, Lee KU, Hwang KT, Yoo GC. Optimization of the extraction of bioactive compounds from chaga mushroom(*Inonotus obliquus*) by the response surface methodology. Korean J. Food Sci. Technol. 47(2): 233-239 (2015)

- Kim SD, Do JH, Oh HI. Antioxidant activity of panax ginseng browning products. J. Korean Agr. Chem. Soc. 24(3): 161-166 (1981)
- Kim SH. Method to manufacture black yam using yam. KR-A-101404391. (2013)
- Lee GY, Son YJ, Jeon YH, Kang HJ, Hwang IK. Changes in the physicochemical properties and sensory characteristics of burdock (*Arctium lappa*) during repeated steaming and drying procedures. Korean J. Food Sci. Technol. 47(3): 336-344 (2015)
- Lee HR, Jung BR, Park JY, Hwang IW, Kim SK, Choi JU, Lee SH, Chung SK. Antioxidant activity and total phenolic contents of grape juice products in the korean market. Korean J. Food Preserv. 25(3): 445-449 (2008)
- Lee JW, Do JH. Current studies on browning reaction products and acidic polysaccharide in korean red ginseng. J. Ginseng Res. 30(1): 41-48 (2006)
- Lee YR, Woo KS, Hwang IG, Kim HY, Lee SH, Lee JS, Jeong HS. Physicochemical properties and antioxidant activities of garlic(*Allium Sativum* L.) with different heat and pressure treatments. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41(2) 278-282 (2012)
- Lu Y, Foo LY. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. Food Chem. 68(1): 81-85 (2000)
- Maga JA. Taro: Composition and food uses. Food Rev. Int. 8(3): 443-473 (1992)
- Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31(3): 426-428 (1959)
- Moon JH, Choi HD, Choi IW, Kim YS. Physicochemical properties of taro flours with different drying, roasting, and steaming conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 43(6): 696-701 (2011)

- Moon JH, Kim RS, Choi HD, Kim YS. Nutrient composition and physicochemical properties of korean taro flours according to cultivars. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42(5): 613–619 (2010)
- Moy JH, Wang NTS, Naka Yama TOM. Dehydration and processing problems of taro. *J. Food Sci.* 42(4): 917–920 (1977)
- Nguimbou RM, Njintang NY, Makhoulouf H, Gaiani C, Scher J, Mbofung CM. Effect of cross-section differences and drying temperature on the physicochemical, functional and antioxidant properties of giant taro flour. *Food Bioprocess Technol.* 6(7): 1809–1819 (2013)
- Noonan SC. Oxalate content of food and its effect on humans. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 8(1): 64–74 (1999)
- Onayemi O, Nwigwe NC. Effect of processing on the oxalate content of cocoyam. *Lebensm. Wiss. Technol.* 20(6): 293–295 (1987)
- Park HJ, Yoon KM, Lee SH, Jang GY, Kim MY, Li M, Lee JS, Jeong HS. Effects of extraction temperature and time on antioxidant activities of *Rhus verniciflua* extract. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42(11) 1776–1782 (2013)
- Savage GP, Vanhanen L, Mason SM, Ross AB. Effect of cooking on the soluble and insoluble oxalate content of some New Zealand foods. *J. Food Compos. Anal.* 13(3): 201–206. (2000)
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Kim JG, Sung NJ. Changes of physicochemical components and antioxidant activity of garlic during its processing. *J. Life Sci.* 18(8): 1123–1131 (2008)
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Sung NJ. Antioxidant activity of black garlic(*Allium sativum* L). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37(8): 933–940 (2008)
- Shin MH. Comparison of phytochemical content and antioxidant activity in *Petasites japonicus* and *Colocasia esculenta* L. *schott*

- depending on cooking methods. Master thesis. Chung Buk University. Cheongju. KOR. (2015)
- Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 6(3): 144-158 (1965)
- Song CH, Seo YC, Choi WY, Lee CG, Kim DU, Chung JY, Chung HC, Park DS, Ma CH, Lee HY. Enhancement of antioxidative activity of *Codonopsis lanceolata* by stepwise steaming process. *Korea J. Medicinal Crop Sci.* 20(4): 238-244 (2012)
- Song CH, Seo YC, Choi WY, Lee CG, Kim DU, Chung JY, Chung HC, Park DS, Ma CJ, Lee HY. Enhancement of antioxidative activity of *Codonopsis lanceolata* by stepwise steaming process. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 20(4): 238-244 (2012)
- Ukpabi UJ, Ejidoh JI. Effect of deep oil frying on the oxalate content and the degree of itching of cocoyams(*Xanthosoma and Colocasia spp*). In Technical Paper presented at the 5th Annual Conference of the Agricultural Society of Nigeria. Federal University of Technology, Owerri, Nigeria 3-6 (1989)
- Urquiaga I, Leighton F. Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biol. Res.* 33(2): 55-64 (2000)
- Woo KS, Ko JY, Kim HY, Lee YH, Jeong HS. Changes in quality characteristics and chemical components of sweet potatoes cultivated using different methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45(3): 305-311 (2013)
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee J, Jeong HS. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38(4): 521-525 (2006)

Abstract

Characteristics and Sensory Optimization of Taro(*Colocasia esculenta*) under Different Aging Conditions for Food Application of Black Taro

Jeon, Yu Ho

Department of Food and Nutrition

The Graduate School

Seoul National University

Physicochemical properties, antioxidant capacities, and sensory optimization of taro(*Colocasia esculenta*) under different aging conditions were investigated to develop black taro. Black taros were processed by three steps(Steaming: $95\pm 3^{\circ}\text{C}$ -1h, Aging: 85,90,95 $^{\circ}\text{C}$ -20,40,60h, Drying: 60°C -24h) and grinded for each experiment. Black taro showed the increased values in crude fiber contents and browning index compared to raw taro. Calcium oxalate contents,

reducing sugar contents, moisture contents, and lightness values were decreased while processing. The improvement in total polyphenol content and antioxidant capacity(DPPH, ABTS, FRAP) were observed in the black taros which were aged in higher temperature. Response surface methodology was used for sensory optimization and the optimum aging conditions with the highest acceptances were 88.73°C -39.50h for taste, and 88.82°C-42.60h for overall acceptance.

keywords : taro, black taro, aging, physicochemical property, antioxidant activity, sensory optimization

Student Number : 2014-20355